

ХИМИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

ТОМ 5

ТРИ - ЯТР

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Н.С. ЗЕФИРОВ

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Н.Н. КУЛОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ю. А. ЗОЛОТОВ
В. А. КАБАНОВ
И. В. КАЛЕЧИЦ
Я. М. КОЛОТЫРКИН
В. А. КОПТЮГ

А. М. КУТЕПОВ
В. А. МАЛЮСОВ
О. М. НЕФЕДОВ
В. Л. ТАЛЬРОЗЕ
А. С. СПИРИН

Н. Ф. СТЕПАНОВ
В. Д. ШОЛЛЕ
(ответственный
секретарь)
Г. А. ЯГОДИН

НАУЧНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
«БОЛЬШАЯ РОССИЙСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ» МОСКВА 1998

НАУЧНЫЕ КОНСУЛЬТАНТЫ

Физическая химия. Члены редколлегии: акад. РАН Я. М. Колотыркин, д. физ.-мат. н. Н. Ф. Степанов, чл.-корр. РАН В. Л. Тальрозе. Редакторы-консультанты: д. физ.-мат. н. М. А. Анисимов, д.х.н. М. В. Базилевский, к.х.н. С. С. Бердосов, д.х.н. И. В. Верещинский, д.х.н. В. А. Даванков, д.х.н. П. М. Зоркий, д.х.н. М. Г. Кузьмин, к.т.н. В. М. Новаковский, д.х.н. Ю. А. Пентин, д.х.н. Н. В. Перцов, д.х.н. О. А. Петрий, д.х.н. Н. А. Смирнова, к.х.н. Л. А. Шиц, д. физ.-мат. н. Е. Д. Шукин, д.х.н. С. Г. Энтелис.

Аналитическая химия. Член редколлегии акад. РАН Ю. А. Золотов. Редакторы-консультанты: д.х.н. П. К. Агасян, д.х.н. В. Г. Березкин, д.х.н. М. А. Володина, д.х.н. Н. Э. Гельман, д.х.н. В. М. Дзиомко, д.х.н. Б. Я. Каплан, д.т.н. Ю. И. Корovin, И. М. Ориент.

Органическая химия. Члены редколлегии: акад. РАН Н. С. Зефирова, акад. РАН В. А. Коптюг, акад. РАН О. М. Нефедов. Редакторы-консультанты: к.х.н. А. М. Андриевский, д.х.н. Л. И. Беленький, акад. РАН И. П. Белецкая, д.х.н. Г. И. Дрозд, чл.-корр. РАН Н. Н. Мельников, д.х.н. Э. Е. Нифантьев, д.т.н. Е. Ю. Орлова, д.х.н. Е. М. Рохлин, д.х.н. Л. В. Рыбин, к.х.н. Б. В. Салов, д.х.н. В. И. Соколов, д.х.н. Г. А. Сокольский, д.х.н. Б. И. Степанов, д.х.н. Ю. А. Трегер, д.х.н. Л. А. Хейфиц, чл.-корр. РАН Е. А. Чернышев, чл.-корр. РАН М. С. Юнусов.

Неорганическая химия. Член редколлегии чл.-корр. РАН Г. А. Ягодин. Редакторы-консультанты: д.х.н. В. П. Данилов, д.х.н. С. И. Дракин, д.х.н. Ю. В. Левинский, д.х.н. Э. Г. Раков, д.х.н. В. Я. Росоловский, д.х.н. Б. Д. Степин, д.х.н. П. И. Федоров.

РЕДАКЦИЯ ХИМИИ

Зав. редакцией к.х.н. В. Д. Шолле; ведущие научные редакторы: Н. А. Дубровская, к.х.н. Б. Б. Палеев, М. Н. Ратманский, к.х.н. И. М. Филатова, к.х.н. Н. А. Шипачева; научные

В ПОДГОТОВКЕ ЭНЦИКЛОПЕДИИ ПРИНИМАЛИ УЧАСТИЕ

Научно-контрольное чтение — к. физ.-мат. н. А. А. Гусев, д. физ.-мат. н. Н. М. Кузнецов.

Редакция иллюстраций — гл. художник А. В. Акимов, художественный редактор А. М. Родин, редакторы И. С. Павлова, М. А. Ярошевская.

Литературно-контрольная редакция — зав. редакцией Т. Н. Парфенова, ст. редактор С. Л. Лаврова.

Редакция библиографии, транскрипции и этимологии — зав. редакцией канд. филол. н. Ю. Ф. Панасенко, руководитель группы библиографии Т. Н. Коваленко, научный редактор Е. В. Подольская, ст. редактор Т. И. Масальская.

Словник — научный редактор Л. П. Сидорова.

Техническая редакция — зав. редакцией О. Д. Шапошникова.

Производственный отдел — зав. отделом И. А. Ветрова, инженер-технолог В. Ф. Касьянова, ведущий специалист Г. С. Шуршакова.

Корректорская — зав. корректорской Ж. А. Ермолаева, ст. корректоры Л. С. Вайнштейн, В. Н. Ивлева, Е. А. Кулакова, С. Ф. Лихачева, А. В. Мартынова, А. А. Селезнева, А. С. Шаляева, корректор А. А. Волченкова.

Высокомолекулярные соединения. Член редколлегии акад. РАН В. А. Кабанов. Редакторы-консультанты: д.х.н. А. А. Арест-Якубович, д.х.н. С. А. Аржаков, д.х.н. А. А. Берлин, д.х.н. В. В. Коврига, д. физ.-мат. н. А. Я. Малкин, д.х.н. С. П. Папков, д.т.н. К. Е. Перепелкин, д.х.н. С. В. Соколов, д.х.н. С. Я. Френкель, д.х.н. В. П. Шибаев.

Биохимия. Член редколлегии акад. РАН А. С. Спирин. Редакторы-консультанты: акад. РАН В. К. Антонов, чл.-корр. РАН Л. Д. Бергельсон, д.х.н. Ю. А. Берлин, акад. РАН Г. П. Георгиев, д.х.н. Э. В. Дятловицкая, д.х.н. С. Е. Есипов, чл.-корр. РАН В. Л. Кретович, д.х.н. В. М. Липкин, акад. РАН Ю. А. Панков, к.х.н. П. Д. Решетов, д.х.н. В. Б. Спиричев, чл.-корр. РАН И. В. Торгов, д.х.н. А. И. Усов.

Лекарственные средства. Редакторы-консультанты: акад. РАН М. Д. Машковский, д. мед. н. М. Э. Каминка.

Общая химическая технология. Члены редколлегии: д.т.н. Н. Н. Кулов, чл.-корр. РАН А. М. Кутепов, чл.-корр. РАН В. А. Малюсов. Редакторы-консультанты: д.т.н. А. Н. Баратов, д.т.н. А. И. Бояринов.

Нефтехимия, углехимия, лесохимия. Член редколлегии д.х.н. И. В. Калечиц. Редакторы-консультанты: Н. В. Браун, д.т.н. А. А. Гуреев, д.х.н. С. М. Локтев, д.т.н. В. Е. Привалов, д.т.н. Е. Д. Радченко, д.т.н. А. М. Табер, д.т.н. А. М. Чашин.

Геохимия, полезные ископаемые. Редактор-консультант д. геол.-минер. н. А. И. Перельман.

Удобрения. Редактор-консультант д.т.н. В. Ф. Кармышов.

Фотографические процессы и материалы. Редакторы-консультанты: к.х.н. В. С. Чельцов, к.т.н. А. А. Слудкин.

редакторы: к.х.н. О. И. Мельникова, к.х.н. Н. В. Шелемина, Т. К. Юдовская; редакторы: Л. М. Ковалькова, Е. А. Покровская.

Издательско-компьютерный отдел — зав. отделом И. Н. Коновалова, вед. специалист Л. А. Романенко, инженер М. С. Исаков, операторы К. А. Нефедов, Л. В. Короткова, Р. А. Якубова, И. С. Журавлева, В. М. Трофимова.

Копировально-множительная лаборатория — зав. лабораторией Л. Ф. Долгополова, операторы В. И. Климова, Г. В. Мещанинова.

Отдел считки и изготовления наборного оригинала — зав. отделом Н. В. Севердинская, ст. корректоры О. В. Гусева, Т. Б. Саблина, И. Т. Самсонова.

Отдел перепечатки рукописей — зав. отделом Л. П. Горячева.

Предметный указатель — составитель М. Н. Ратманский.

Художник-график В. А. Варьяш.

Художник-оформитель А. С. Андреев.

Главный экономист А. И. Солодовникова.

Зам. директора И. З. Нургалиев.

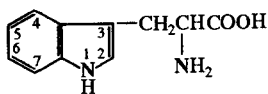
Федеральная программа книгоиздания России

Пустая страница

Пустая страница

T

ТРИПТОФАН [2-амино-3-(3-индолил)пропионовая к-та, β-(3-индолил)-α-аминопропионовая к-та, β-3-индолилаланин, Трп, W], мол. м. 204,22; бесцв. кристаллы; т. пл. D,L-T. 283–285 °С; для D-T. т. пл. 281–282 °С, $[\alpha]_D^{25} + 32,45^\circ$ (концентрация 1 г в 100 мл воды), для L-T. т. пл. 293–295 °С, $[\alpha]_D^{20} - 31,5^\circ$ (концентрация 1 г в 100 мл воды); раств. в воде, ограниченно – в этаноле, не раств. в диэтиловом эфире. При 25 °С pK_a 2,38 (COOH), 9,39 (NH₂); pI 5,89.



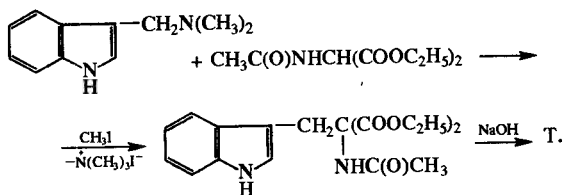
Т. – ароматич. аминокислота, обладает всеми св-вами 3-замещенных индолов: легко окисляется (напр., действием FeCl₃ до 3-индолкарбальдегида), в сильнокислой среде неустойчив (разрушается в условиях кислотного гидролиза белков, поэтому для его определения проводят щелочной гидролиз). Конденсация Т. с альдегидами (напр., с 4-диметиламинобензальдегидом) используется для его количеств. и качеств. определения. При щелочном плавлении Т. образуются скатол, шавелевая и глиоксильная к-ты, а при декарбоксилировании – триптамин. Т. дает многочисл. цветные р-ции (напр., Адамкевича реакцию).

Хим. модификацию остатков Т. в молекулах белков проводят формилированием индольного атома N действием смеси муравьиной к-ты и HCl, а также сульфенилированием по атому С-2 цикла 2-нитрофенилсульфенилхлоридом или 2-(2-нитрофенилсульфенил)-3-метил-3-бром-3H-индолом (т. наз. BNPS-скатол) в уксусной к-те. В пептидном синтезе атом N индола иногда защищают формильной группой.

L-T. – кодируемая незаменимая аминокислота, входит в состав мн. белков; наиб. кол-ва Т. содержатся в фибриногене и γ-глобулине крови.

Биосинтез Т. в микроорганизмах осуществляется из антрациловой к-ты и серина. Важнейшие продукты превращения Т. в организме – триптамин, серотонин, гетероауксин, кинуренин [2-H₂NC₆H₄C(O)CH₂CH(NH₂)COOH] и др. В кишечнике из Т. образуется скатол.

L-T. можно синтезировать из грамина и ацетамидомалонового эфира по схеме:



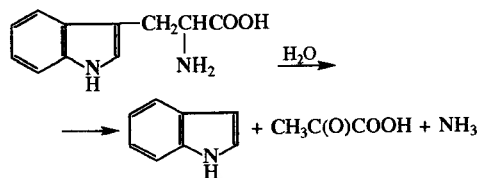
В УФ спектре Т. $\lambda_{\text{макс}}$ 279,8 нм, $\epsilon_{279,8}$ $5,6 \cdot 10^3$; в спектре флуоресценции Т. λ испускания (эмиссии) 348 нм. В спектре ПМР L-T. в D₂O хим. сдвиги протонов (м. д.) у α- и β-атомов С в цепи соотв. 4,044; 3,48 и 3,3; в цикле у С-2, С-4, С-5, С-6 и С-7 соотв. 7,309; 7,729; 7,197; 7,285 и 7,536.

Т. впервые выделен Ф. Гопкинсом и С. Колем в 1902 из казеина.

Мировое произ-во L-T. ок. 200 т/год (1982).

В. В. Баяв.

ТРИПТОФАНАЗА (триптофан-индол-лиаза), фермент класса лиаз, катализирующий расщепление триптофана:



Катализирует также расщепление по такой же схеме др. β-замещенных α-L-аминокислот [напр., цистеин, серин, CH₃SCH₂CH(NH₂)COOH]; обратную р-цию – синтез триптофана [при избытке NH₃ и CH₃C(O)COOH]; замещение индольного остатка в триптофане (в т. ч. если в цикле есть заместители) на C₆H₅S, CH₃S, HS и RO при действии соотв. C₆H₅SH, CH₃SH, H₂S и ROH; изотопный обмен α-H-атома на дейтерий у мн. α-L-аминокислот.

Т. широко распространена среди разл. видов бактерий. Наиб. изучена Т. из штаммов В/177-А и К-12 *Escherichia coli*. Молекула Т. содержит 4 идентичные субъединицы с мол. м. 54 тыс., состоящих из одной полипептидной цепи (ее первичная структура известна). Каждая субъединица в активном центре связывает одну молекулу пиридоксальфосфата (ПДФ; см. Витамин В₆). Активный комплекс Т. с ПДФ образуется в присут. NH₄⁺, K⁺ и Rb⁺ (Na⁺ ингибирует Т.). Оптим. каталитич. активность Т. при pH 8,0–9,0; pI 4,95.

В присут. ионов K⁺ и NH₄⁺ Т. имеет 2 характерных pH-зависимых максимума в спектре поглощения в областях 337 и 420 нм, обусловленных альдиминной группой (основание Шиффа), образованной альдегидной группой ПДФ с ε-аминогруппой остатка лизина-270. В связывании ПДФ принимают также участие остатки цистеина-298 и триптофана-330.

Конкурентные, обратимые ингибиторы Т. – нек-рые аминокислоты, напр. L-аланин.

Лит.: Snell E.E., «Adv. Enzymol.», 1975, v. 42, p. 287–333; Miles E.W., Vitamin B₆, pyridoxal phosphate, v. 1, pt B, N.Y., 1986, p. 253–310. И. С. Деметьева.

ТРИТИЙ (от греч. trítos – третий) Т, или ³H, радиоактивный тяжелый изотоп водорода с мас. ч. 3. Ядро атома Т. – тритон с массой 3,016050 состоит из одного протона и двух нейтронов, энергия связи 8,1–8,4 МэВ. При β-распаде Т. образуется легкий изотоп гелия: ³H → ³He + β⁻; T_{1/2} 12,33 года; макс. энергия излучения 18,61 кэВ, средняя – 5,54 кэВ. Уд. активность Т. $3,59 \cdot 10^5$ Гбк/г. При взаимод. β-частиц Т. с в-вом возникает тормозное фотонное излучение, к-росе используют для количеств. определения Т. в разл. средах.

Молекула Т. двухатомна, мол. м. 6,03210; основная частота колебаний атомов $2548,36 \text{ см}^{-1}$; константа диссоциации $K = p/p_0 = 6,226 \cdot 10^{-75}$ (293,15 К), где p – давление. С др. изотопами водорода Т. образует молекулы прототрития HT с мол. м. 4,02395 и дейтеротрития DT с мол. м. 5,03015. Молекулярный Т. может находиться в орто- и пара-состояниях (соотв. о-Т₂ и п-Т₂). При обычных условиях газообразный Т₂ представляет собой смесь 75% орто- и 25% пара-модификаций (нормальный Т., н-Т₂). Равновесный Т. (р-Т₂), имеющий равновесный орто-пара-состав при данной т-ре, содержит п-Т₂ (%): 97,243 (10 К), 66,453 (20 К), 43,493 (30 К), 33,35 (40 К), 28,789 (50 К), 25,075 (100 К). Энтальпия орто-пара-превращения н-Т₂ в р-Т₂ составляет –195,94 при 20 К и –11,51 Дж/моль при 50 К.

Т. образуется в верх. слоях атмосферы в результате взаимодействия космич. излучения гл. обр. с ядрами N и O, напр.: ¹⁴N + n → ¹²C + Т. Образующиеся таким образом атомы Т. в результате р-ций радиац. окисления и изотопного обмена переходят в молекулы воды, затем Т. в составе дождевой воды выпадает на пов-сть Земли. По совр. оценкам, равновесная активность космического Т. во внеш. среде (гидросфере и атмосфере) составляет $(1,11–1,30) \cdot 10^9$ Гбк (3,0–3,5 кг). Считают, что ок. 90% природного Т. содержится в гидросфере

(пл. обр. в виде НТО), 10% в стратосфере (НТО) и 0,1% в тропосфере (из них 50% в виде НТ).

Большое кол-во Т. образуется при ядерных и, пл. обр., термоядерных взрывах. Взрыв водородной бомбы с тротиловым эквивалентом 1 Мт приводит к выделению $(2,6 \cdot 7,4) \cdot 10^8$ Гбк трития. С начала испытания термоядерного оружия (1954) содержание Т. в дождевой воде возросло с 0,5 до 500 Т. Е.; Т. Е. — тритиевая единица, равная отношению числа атомов Т/Н = 10^{-18} , или 0,12 Бк на 1 л воды. При подземных ядерных взрывах Т. также превращ. в оксид и частично выходит на пов-сть. По оценкам (1970), общее содержание Т. в биосфере: в мировом океане 250 кг, в континентальных водах 45 кг, в воздухе 3 кг.

Свойства. Нек-рые св-ва Т. приведены в табл. 1. Ур-ние температурной зависимости давления насыщ. пара жид-

Табл. 1.— СВОЙСТВА НТ, DT и n-T₂

Показатель	HT	DT	n-T ₂
$t_{\text{криг}}, \text{K}$	37,13	39,42	40,44
$P_{\text{криг}}, \text{МПа}$	1,571	1,773	1,850
Т-ра тройной точки, K	17,62	19,71	20,62
Т. кип., K	22,92	24,38	25,04
$\Delta H_{\text{исп}}$ при т. кип., Дж/моль	—	—	1394
Плотн. жидкости (кг/м ³) вдоль линии насыщения:			
21 K	162,8	220,7	272,2
23 K	157,8	214,6	265,0
25 K	152,3	208,1	257,3
γ , Нм:			
21 K	3,035	3,793	4,181
23 K	2,607	3,327	3,694
25 K	2,180	2,860	3,207
C_p , Дж/моль·K	29,198	29,195	29,199

кого n-T₂ в интервале 25–40 K: $\lg p_0^0$ (гПа) = $6,1583 + 78,925/T + 2 \cdot 10^{-4} (T - 25)^2$. Давление пара НТ м. б. вычислено по ф-ле: $p_{\text{HT}}^0 = \sqrt{p_{\text{DT}}^0 \cdot p_{\text{HT}}^0}$; аналогично принято, что $p_{\text{DT}}^0 = \sqrt{p_{\text{DT}}^0 \cdot p_{\text{HT}}^0}$. Коэф. диффузии НТ в жидком Н₂ м. б. вычислен по ур-нию $D = 3,05 \cdot 10^{-4} \exp(-36/T)$. Идеальный коэф. разделения изотопов водорода при равновесии жидкость — пар $\alpha_{\text{ид}} = p^0/p_0^0$ (см. табл. 2). Эксперим. коэф. разделения смесей D₂ — DT и D₂ — T₂ на 5–6% ниже $\alpha_{\text{ид}}$.

Р-ции изотопного обмена водорода $T_2 + H_2 \rightleftharpoons 2HT$ и $T_2 + D_2 \rightleftharpoons 2TD$ (константы равновесия при 298,15 K равны соотв. 2,57 и 3,82) протекают вследствие выделения энергии при радиоактивном распаде Т., скорость их зависит от концентрации Т., а также от присутствия катализаторов. Т. окисляется O₂ при обычной т-ре и без катализаторов вследствие β -распада.

Табл. 2.— ЗНАЧЕНИЯ p^0/p_0^0

Т-ра, K	$p_{\text{HT}}^0/p_{\text{HT}}^0$	$p_{\text{DT}}^0/p_{\text{DT}}^0$	$p_{\text{DT}}^0/p_{\text{DT}}^0$	$p_{\text{DT}}^0/p_{\text{DT}}^0$
21,0	2,19	2,18	1,30	1,690
22,0	2,06	2,05	1,27	1,613
23,0	1,95	1,94	1,25	1,563
24,0	1,86	1,85	1,23	1,513

Оксиды трития T₂O (мол. м. 22,03150), прототрития НТО (20,02335) и дейтеротрития DTO (21,02955) имеют уд. активность соотв. 98050, 53650 и 51430 Гбк/г. Для T₂O т. кип. 274,70 K, т-ра тройной точки 277,64 K; плотн. 1,21459 г/см³ (293,15 K), макс. плотн. 1,21502 (286,55 K); отношение значений давления паров H₂O и T₂O в интервале 264–387 K: $\ln(p_{\text{H}_2\text{O}}^0/p_{\text{T}_2\text{O}}^0) = -103,87/T + 46480/T^2$.

Давление пара НТО $p_{\text{HTO}}^0 = \sqrt{p_{\text{H}_2\text{O}}^0 \cdot p_{\text{T}_2\text{O}}^0}$. Коэф. разделения жидкость — пар (относит. летучесть α) р-ров DTO в D₂O в интервале 313,15–373,15 K: $\lg \alpha = 8,026/T + 0,0198$. Коэф. диффузии (м²/с) при 298,15 K: НТО в H₂O $2,236 \cdot 10^{-9}$, DTO в D₂O $1,849 \cdot 10^{-9}$, DTO в НТО $2,029 \cdot 10^{-9}$.

Константы равновесия K изотопного обмена H₂O + T₂O \rightleftharpoons 2НТО и D₂O + T₂O \rightleftharpoons 2DTO при 300 K соотв.

равны 3,699 и 3,972. Образование НТО может происходить при изотопном обмене $HT + H_2O \rightleftharpoons HTO + H_2$. $K = 6,31$ (300 K).

В результате радиоактивного распада Т. в его соед. имеют место радиац. эффекты. Вода, содержащая Т., подвергается радиолизу с образованием H₂ и H₂O₂. Вода, содержащая 100% Т., разлагается на 50% через 5,24 сут. Рекомендация Международной комиссией радиологич. защиты условная граница допустимого содержания Т. в воде (при к-ром практически не наблюдается ее саморазложение) $3,7 \cdot 10^5$ Гбк/л.

Тритиды подобны гидридам (незначит. отличия проявляются в таких св-вах, как плотность и параметры кристаллич. решеток); получают их теми же методами, что и гидриды. Наиб. важны LiT (Li₂DT), TiT₂, ZrT₂, UT₃. Объем (см³) T₂, связываемого 1 г металла: Li — $1,6 \cdot 10^3$, Ti — $4,7 \cdot 10^2$, Zr — $2,5 \cdot 10^2$, U — $1,4 \cdot 10^2$. В любом водородсодержащем соед. замещение одного атома Н на атом Т приводит к образованию соед. с уд. активностью $107,7 \cdot 10^4$ Гбк/моль.

Получение. В пром. масштабе Т. получают в ядерном реакторе, облучая Li, чаще всего обогащенный изотопом ⁶Li, нейтронами: ${}^6\text{Li} + n \rightarrow {}^4\text{He} + \text{T}$. Продукт естеств. распада Т. — ³He — также вступает в ядерную р-цию, превращаясь в Т. и протий: ${}^3\text{He} + n \rightarrow \text{T} + {}^1\text{H}$. Получение Т. включает подготовку материала к облучению, проведение облучения и накопление Т. в материале, выделение, очистку и концентрирование, при этом используют методы термодиффузии и низкотемпературной ректификации. Т. может быть также получен выделением и концентрированием при изотопной очистке тяжелой воды — замедлителя ядерных реакторов. Этим путем на установке в Гренобле (Франция) получают $8,88 \cdot 10^6$ Гбк в год 98%-ного Т. Установка TRF (Tritium Removal Facility) в Канаде, рассчитанная на переработку 350 кг/ч D₂O тяжеловодных реакторов, по аналогичной технологии позволяет получать ок. 10^9 Гбк в год Т. чистой не менее 99%. Хранить Т. можно в виде тритидов.

Применение. Т. — компонент топлива для термоядерного синтеза: $D + T \rightarrow {}^4\text{He} + n + 17,58$ МэВ: радиоактивный изотопный индикатор в химии, биологии, медицине, геофизике, гидрогеологии и др. В виде тритиевых мишеней (тритиды U, Ti, Zr, интерметаллиды) используется в генераторах нейтронов, детекторах для газо-жидкостной хроматографии, в качестве радиоактивных источников излучения для флюорографии, в толщиномерам и т. д. Т. применяют при изготовлении световых указателей и сигналов (активированный ZnS излучает зеленоватое свечение в присутствии Т.).

Техника безопасности и контроль. Макс. пробег β -частиц Т. в воздухе 5,8 мм при 20 °C, в биол. ткани 6,5 мкм. Поэтому β -частицы Т. полностью поглощаются роговыми слоями кожи и внеш. облучение организма Т. и его соед. не представляет опасности. Т. опасен при попадании в организм через кожу, легкие или при приеме пищи и воды. Период полувыведения Т. при поглощении в виде газа 3,3 мин, а в виде воды 10–12 сут. Независимо от путей поступления в организм через 2–3 ч наблюдается равномерное распределение НТО в жидкой фазе организма (кровь, моча, выдыхаемые пары воды). Для газообразного Т. и НТО (T₂O) категория радиац. опасности Г, минимально значимая активность $3,7 \cdot 10^6$ Бк. Допустимые концентрации Т. в воздухе рабочей зоны ДКА и в атм. воздухе или воде ДКБ, предельно допустимое поступление через органы дыхания ПДП, предел годового поступления в организм ППП приведены в табл. 3.

В ядерных реакторах, работающих на тепловых нейтронах, в результате побочных процессов образуется Т., к-рый может попадать в окружающую среду с газообразными или жидкими отходами, как непосредственно на АЭС, так и при дальнейшей переработке облученного ядерного топлива. Количеств. оценка поступления Т. в окружающую среду с газообразными и жидкими отходами АЭС, Гбк/МВт(электрич.)·год: реакторы ВВЭР (водно-водяной энергетич. реактор) — в атмосферу 7,4–33, в гидросферу 33; реакторы РБМК (реактор большой мощности канальный) — соотв. 22 и 1,5. Существенно более высокие выбросы Т. наблюдаются на АЭС с тяжеловодными реакторами. Осн. источник поступления Т. в окру-

Табл. 3. – ЗНАЧЕНИЯ ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТРИТИЯ
Для категории А:

Состояние Т.	Критич. орган	ЦПН, Бк/год	ДКА, Бк/л
Газ	Все тело	$5,55 \cdot 10^{12}$	$22,2 \cdot 10^5$
НТО (Т ₂ О)	Все тело	$4,4 \cdot 10^9$	$3,7 \cdot 10^2$

Для категории Б:

Состояние Т.	Критич. орган	ПТП, Бк/год через органы дыхания	ДКБ, Бк/л	
			в атм. воздухе	в воде
Газ	Все тело	$5,55 \cdot 10^{11}$	$7,4 \cdot 10^4$	—
НТО (Т ₂ О)	Все тело	$7,4 \cdot 10^7$	11,1	$14,8 \cdot 10^4$

жающую среду в ядерной технологии – заводы по переработке ядерного топлива. Так, напр., завод по переработке ядерного топлива с производительностью 1500 т UO₂ в год м. б. источником Т. – $(1,11-2,96) \cdot 10^{16}$ Бк в год.

Эксплуатация термоядерных энергетич. установок будущего приведет к дальнейшему росту выбросов Т., т. к. ТЯЭС (термоядерная энергетич. станция) по оценкам будет выделять Т. в 10^4-10^6 раз больше, чем АЭС эквивалентной мощности. Задачи улавливания Т. и очистки сбросов до санитарных норм, выделения и концентрирования Т. с целью его локализации (захоронения) или использования м. б. решены при помощи методов разделения изотопов водорода: ректификацией воды под вакуумом, хим. изотопным обменом (очистка и начальное концентрирование), низкотемпературной ректификацией жидкого водорода, сорбционным разделением на твердых сорбентах.

Содержание Т. в разл. средах определяют измерением его активности чаще всего ионизационными и сцинтилляционными методами (табл. 4). При недостаточной чувствительности измерит. аппаратуры применяют методы предварит. концентрирования (термодиффузия, ректификация, электролиз).

Табл. 4. – ХАРАКТЕРИСТИКА НАИБОЛЕЕ УПОТРЕБЛЯЕМЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИТИЯ

Детектор	Миним. детектируемая активность Т., Бк	Пределы измерения концентрации Т. в воде, Бк/л
Пропорциональный счетчик	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot (10-10^6)$
Счетчик Гейгера-Мюллера	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$18,5-3,7 \cdot 10^5$
Жидкостной сцинтилляц. счетчик совпадений	0,37	$1,85 \cdot 10^2-3,7 \cdot 10^8$
Ионизаци. камера	$3,7 \cdot 10^2$	$1,85 \cdot 10^5-3,7 \cdot 10^{14}$

Для контроля за содержанием Т. в воздухе используют ионизаци. камеры [диапазон измеряемых концентраций $3,7 \cdot (10-10^{13})$ Бк/л], пропорциональные ($1,85-3,7 \cdot 10^6$ Бк/л) и сцинтилляц. счетчики [$3,7 \cdot (10-10^7)$ Бк/л], для периодич. контроля – фотопленки.

Т. открыли в 1934 Э. Резерфорд, М. Олифант и П. Хартек.

Лит.: Ленский Л. А., Физика и химия трития, М., 1981; Беловодский Л. Ф., Гаевой В. К., Гришмаковский В. И., Тритий, М., 1985; Андреев Б. М., Зельвенский Я. Д., Катальников С. Г., Тяжелые изотопы водорода в ядерной технике, М., 1987; Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества. Справочник, под ред. Л. А. Ильина, В. А. Филова, Л., 1990, с. 50–57. Я. Д. Зельвенский.

ТРИФЕНИЛКАРБИНОЛ (трифенилметанол, тританол) (C₆H₅)₃COH, мол. м. 260,34; бесцв. кристаллы; т. пл. 162,5 °С, т. кип. 380 °С; d_4^{20} 1,188; μ $5,96 \cdot 10^{-30}$ Кл·м (25 °С, бензол). Хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, не раств. в воде.

Под действием сильных к-т Т. образует желтый (C₆H₅)₃C⁺, к-рый при восстановлении, напр. VCl₂, превращ. в трифенилметильный радикал. При кипячении с ZnCl₂ в спирте или с Zn в уксусной к-те восстанавливается до трифенилметана. При нагр. в бензоле с Р₂О₅ превращ. в смесь бифенила и трифенилметана. Со спиртами при нагр. в присут. *n*-толуолсульфокислоты образует простые эфиры, с ацетил-

хлоридом – трифенилхлорметан. Взаимодействие Т. с анилином, фенолом и эфирами фенолов приводит к производным тетрафенилметана, напр.: (C₆H₅)₃COH + C₆H₅NH₂ → (C₆H₅)₃CC₆H₄NH₂.

Получают Т. взаимодей. фенолмагнийбромидом с *p*-ром бензофенона в эфире при т-ре 0–25 °С с послед. обработкой льдом и Н₂SO₄, кипячением трифенилхлорметана с *p*-ром Na₂CO₃, окислением трифенилметана CrO₃ в СН₃COOH при 30 °С.

Производные Т. применяют в синтезе *арилметановых красителей*.

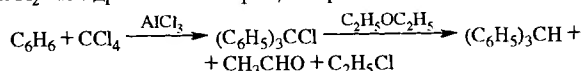
Лит. см. при ст. Трифенилхлорметан.

Н. Н. Артамонова.

ТРИФЕНИЛМЕТАН (тритан) (C₆H₅)₃CH, мол. м. 244,32; бесцв. кристаллы. Существует в двух кристаллич. формах: лабильной (т. пл. 81 °С) и стабильной (т. пл. 94 °С); т. кип. 359 °С, 190–215/10 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,014; n_D^{20} 1,5839; μ $0,7 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; C_p^0 295,4 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{сгор}}^0$ –10008,68 кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –162,19 кДж/моль, $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 21,57 кДж/моль, S_{298}^0 312,57 кДж/(моль·К); pK_a 33. Не раств. в воде, раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, СНCl₃; с бензолом образует кристаллоolvат состава 1:1 (т. пл. 72 °С).

При действии Na или K в жидком NH₃ Т. образует темно-красные *p*-ры тритилнатрия или тритилкалия соотв.: при нагр. с PCl₅ или Br₂ превращ. в соответствующее трифенилметилгалогениды (триметилгалогениды), при окислении воздухом или горячей конц. HNO₃ – в трифенилкарбинол. Нитрование смесью H₂SO₄ и HNO₃ приводит к замещению в бензольных ядрах с образованием *трис*-(*n*-нитрофенил)метана. Характерное св-во Т. – подвижность атома Н у атома С, связанного с тремя бензольными ядрами. При растворении Т. в водной щелочи образуются устойчивые трифенилметильные карбанионы, легко окисляющиеся под действием AgNO₃, KMnO₄, K₂Fe(CN)₆ в трифенилметильные радикалы: (C₆H₅)₃CH $\xrightarrow{\text{OH}^-}$ (C₆H₅)₃C[–] $\xrightarrow{\text{IO}_3^-}$ (C₆H₅)₃C[•]. Восстановление триметилгалогенидов металлами также приводит к трифенилметильным радикалам (см. *Трифенилметильные радикалы*).

Получают Т. по *p*-ции Фриделя – Крафта конденсацией бензола с СНCl₃ (выход 21%), СCl₄ (выход 70–80%), бензотрихлоридом или бензилиденхлоридом в присут. AlCl₃, FeCl₂, ZnCl₂ или др. катализаторов, напр.:



Т. – стабилизатор полимеров и топлив; производные Т. применяют в качестве красителей (см. *Арилметановые красители*).

Н. Н. Артамонова.

ТРИФЕНИЛМЕТАНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ, см. *Арилметановые красители*.

ТРИФЕНИЛФОСФАТ (трифениловый эфир фосфорной к-ты) (C₆H₅O)₃PO, мол. м. 326,27; бесцв. кристаллы без запаха; т. пл. 49–51 °С, т. кип. 244 °С/10 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,268; n_D^{20} 1,550; μ $9,64 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; раств. в орг. *p*-рителях, не раств. в воде.

Мн. св-ва Т. типичны для ароматич. средних фосфатов (см. *Фосфаты органические*). Т. выдерживает непродолжит. нагр. до 300 °С, устойчив к гидролизу в нейтральных средах. При длит. кипячении в водных *p*-рах к-т гидролизует до Н₃PO₄; при нагр. с водными *p*-рами щелочей образует сначала [(C₆H₅O)₂PO][–]M⁺, а затем (с меньшей скоростью) – [(C₆H₅OPO₃)^{2–}2M⁺ (M = Na, K). При нагр. со спиртами и фенолами происходит перэтерификация Т.

Обработка Т. нитрующими (напр., HNO₃) и галогенирующими (напр., Br₂) агентами приводит в осн. к производным, содержащим заместитель в *пара*-положении бензольного кольца.

Т. получают взаимодей. POCl₃ с фенолом (можно использовать катализаторы – галогениды металлов). В пром-сти реагенты смешивают при т-ре ≥ 50 °С и затем в дозаторе ее повышают до 200 °С; образующийся HCl удаляют вакуумированием. Затем продукт промывают разб. водным *p*-ром щелочи и выделяют Т. фракционированием. Для обесцвечивания

8 ГРИФЕНИЛФОСФИН

Т. его обрабатывают р-ром KMnO_4 (иногда дополнительно обрабатывают сорбентом, напр. углем). Т. может быть также получен окислением (напр., с помощью H_2O_2) трифенилфосфита или трифенилтиофосфата $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{P(S)}$, а также гидролизом трифенилоксиалогенфосфоранов.

Т. антипирен, пластификатор нитроцеллюлозы и ацетата целлюлозы; т. вып. 223°C ; ПДК в воздухе 3 мг/м^3 .

Лит. см. при ст. *Фосфаты органические*.

Г. Н. Дрозд.

ТРИФЕНИЛФОСФИТ $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{P}$, мол. м. 262,27; бесцв. кристаллы; т. пл. $80,5^\circ\text{C}$, т. кип. 377°C ($188^\circ\text{C}/1\text{ мм рт. ст.}$); d_4^{25} 1,194, d_4^{20} 1,075; μ $4,87 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; $\Delta H_{\text{исп}}$ 71,2 кДж/моль, $\Delta H_{\text{ср}}$ 227,4 кДж/моль, $\Delta H_{\text{сг}}$ 10339,6 кДж/моль; раств. в бензоле, ацетоне, диэтиловом эфире, этаноле, не раств. в воде.

Хим. св-ва Т. во многом типичны для третичных орг. фосфинов (см. *Фосфины*). Т. обладает основными св-вами (pK_a сопряженной к-ты 2,6–2,7), образует аддукты с к-тами Льюиса, является лигандом в комплексных соед. Pt, Cr, Ni. При действии O_2 , N_2O_4 , NOCl легко окисляется до Ph_3PO , присоединяет серу при взаимодействии с эписульфидом и диорганополисульфидами, образуя Ph_3PS ; присоединяет галогены с образованием фосфорана Ph_3PNaX . Т. вступает в р-цию окисл.-иминирования с азидами RN_3 , образуя $\text{Ph}_3\text{P}=\text{NR}$.

Пром. метод получения Т.: взаимодей. $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ и PCl_3 с расщепл. Na в р-ителе. В препаративной практике Т. обычно получают р-цией PhMgBr с PCl_3 (выход ок. 80%).

Т. – реагент в орг. синтезе, инициатор полимеризации.

Лит.: Корбридж Д., Фосфор, пер. с англ., М., 1982, с. 198–203.

Г. Н. Дрозд.

ТРИФЕНИЛФОСФИТ (трифениловый эфир фосфористой к-ты) $(\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_3\text{P}$, мол. м. 310,27; бесцв. кристаллы или маслянистая жидкость; т. пл. $21\text{--}25^\circ\text{C}$, т. кип. $200\text{--}201^\circ\text{C}/5\text{ мм рт. ст.}$ ($129^\circ\text{C}/0,001\text{ мм рт. ст.}$); d_4^{20} 1,1844; n_D^{20} 1,5910; раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде.

Св-ва Т. во многом типичны для средних фосфитов (см. *Фосфиты органические*). В инертной атмосфере Т. не разлагается при нагрев. до $200\text{--}250^\circ\text{C}$ в течение неск. часов; образует комплексы с к-тами Льюиса и солями нек-рых металлов, окисляется до фосфата O_2 воздуха и мн. окислителями (H_2O_2 , N_2O_4 и др.), присоединяет серу, отщепляя ее от мн. соед. с образованием тионфосфата $(\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_3\text{PS}$. При действии на Т. RI образуются соли фосфония $[(\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_3\text{P}^+\text{R}]^-\text{I}^-$, а при обработке Cl_2 или Br_2 – дигалогенфосфораны $(\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_2\text{PNaX}_2$. Последние в обычных условиях не перегруппировываются в фосфорильные соед. (по механизму *Арбузова реакции*) и используются для превращения спиртов (в т. ч. сахаров) в их галогенопроизводные. При обработке Т. карбоновыми к-тами или H_3PO_3 образуется дифенилфосфит. Нагревание Т. со спиртами приводит к продуктам частичной или полной перэтерификации, а с ароматич. аминами – к триаминам фосфористой к-ты.

Т. получают взаимодей. PCl_3 с фенолом (HCl отдувают или связывают основанием).

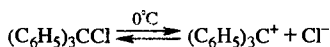
Т. – стабилизатор полимеров, разбавитель эпоксидных смол, реагент в синтезе пластификаторов и пестицидов.

Лит.: Пурдела Д., Виллгану Р., *Химия органических соединений фосфора*, пер. с рум., М., 1972, с. 174, 178, 192, 269.

Г. Н. Дрозд.

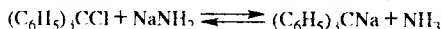
ТРИФЕНИЛХЛОРИД (трифенилметилхлорид, тритилхлорид) $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{CCl}$, мол. м. 278,8; бесцв. кристаллы гексагона. сингонии ($a=1,39\text{ нм}$, $c=0,131\text{ нм}$, $z=6$); т. пл. 115°C , т. кип. 310°C , $230\text{--}235^\circ\text{C}/20\text{ мм рт. ст.}$; C_p 123,3 Дж/(моль·К) (644,3 К); μ $6,59 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; хорошо раств. в диэтиловом эфире, хлороформе, бензоле, хуже – в ацетоне.

Т. в р-ре жидкого SO_2 диссоциирует на сольватир. карбатион желтого цвета и анион:



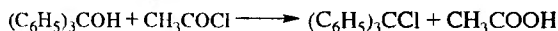
Ионизация Т. происходит также в пиридине, р-ре SbCl_5 , SnCl_4 , H_2SO_4 . При взаимодей. с нек-рыми металлами (напр., Hg, Ag или Zn) в бензоле без доступа O_2 Т. образует устойчивый трифенилметильный радикал $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C}^\cdot$, находящийся в рав-

новесии с димером: в присут. O_2 превращ. в трифенилметилпероксид $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{COOC}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$. Р-ция Т. с амидом Na или амальгамой Na в диэтиловом эфире приводит к образованию темно-красного р-ра трифенилметилнатрия (трилитнатрия):



Т. легко вступает в р-ции нуклеоф. замещения, что обусловлено образованием устойчивого трифенилметильного карбкатиона. В присут. Na_2CO_3 легко гидролизует до трифенилкарбинола. При взаимодей. с первичными спиртами ROH при $20\text{--}25^\circ\text{C}$ в присут. пиридина с высоким выходом превращ. в простые трилитовые эфиры $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{COR}$: с солями орг. к-т – в сложные $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{COOR}$: с NH_3 , аминами и гидразином – в соответствующие N-трилитные производные. Эти р-ции применяют в орг. химии для защиты первичных спиртовых групп в сахарах или аминогрупп в аминокислотах.

Осн. методы получения Т.: взаимодей. бензола с CCl_4 в присут. AlCl_3 по р-ции Фриделя – Крафта, нагревание трифенилметана с PCl_5 , взаимодей. трифенилкарбинола с конц. HCl , PCl_3 или CH_3COCl в бензоле, напр.:



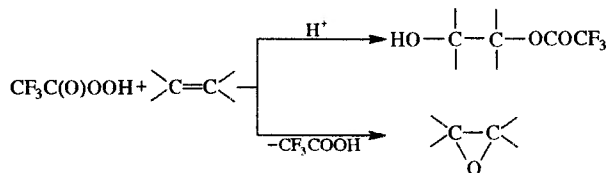
Производные Т. применяют в качестве красителей (см. *Арилатановые красители*).

Лит.: Физер Л., Физер М., *Органическая химия*, пер. с англ., 2 изд., т. 1, М., 1970; Робертс Д., Касеро М., *Основы органической химии*, пер. с англ., т. 2, М., 1978; *Chemistry of carbon compounds*, ed. by E. H. Rodd, v. 3, pt B, Amst. – [a. o.], 1956, p. 1087.

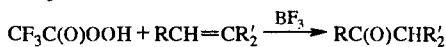
С. Н. Диденко.

ТРИФТОРАЦЕТИЛАЦЕТОН (1,1,1-трифтор-2,4-пентадион) $\text{CF}_3\text{COCH}_2\text{COCH}_3$, мол. м. 154,09; бесцв. жидкость; т. кип. $105\text{--}107^\circ\text{C}$; d_4^{20} 1,270; n_D^{20} 1,3890; pK_a 6,56 (5%-ный водный $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 20°C); производные: оксим, т. пл. $86\text{--}87^\circ\text{C}$, медный хелат, т. пл. 189°C . Хим. св-ва аналогичны *полифтор-β-дикетонам*. Получают конденсацией эфиров трифторуксусной к-ты с ацетоном в присут. алкогولاتов или гидридов щелочных металлов либо BF_3 . Применяют для экстракции катионов металлов и для их газохроматографии, разделения в виде соответствующих β-дикетонатов, а также для определения и обнаружения Cr(III) и Rh(III) . И. И. Крылов.

ТРИФТОРНАДУКСУСНАЯ КИСЛОТА (пероксифторуксусная к-та) $\text{CF}_3\text{C(O)OOH}$, мол. м. 130,03; устойчива только в р-рах CF_3COOH или инертных р-рителей (CH_2Cl_2 , CHCl_3 и др.). По кислотности намного слабее CF_3COOH (pK_a 3,7). Высокоэффективный селективный окислитель. При взаимодей. с ненасыщ. соединениями в кислой среде образует монофтороацетилпроизводные 1,2-гликолей, в буферных р-рах Na_2CO_3 , NaHCO_3 , Na_2HPO_4 – эпоксиды:



Нек-рые алкены в присут. BF_3 окисляются Т. к. до кетонов, ароматич. углеводороды – до соответствующих фенолов и хинонов, напр.:



Алифатич. и ароматич. альдегиды под действием Т. к. превращ. в соответствующие к-ты, кетоны – в эфиры (см. *Байера – Виллигера реакция*). Первичные амины и оксимы окисляются до нитросоед., 2,5-дизамещенные пиридины – до N-оксидов.

Безводные р-ры Т. к. получают действием 90%-ной H_2O_2 на $(\text{CF}_3\text{CO})_2\text{O}$ в CH_2Cl_2 , водные – смешиванием 90%-ной или 30%-ной H_2O_2 с CF_3COOH .

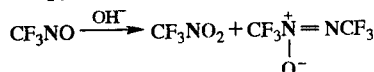
Осн. применение Т. к. – окислитель в орг. синтезе.

При попадании на кожу или слизистые оболочки Т. к. вызывает глубокие, долго не заживающие ожоги. Конц. р-ры Т. к. при нагрев. с орг. в-вами могут взрываться.

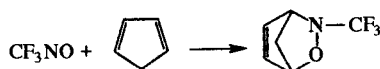
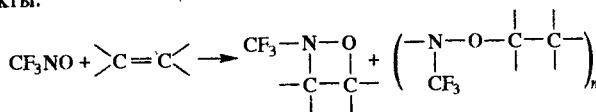
Лит.: Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, пер. с англ., т. 3, М., 1970, с. 422-31; Хейнс А., Методы окисления органических соединений, пер. с англ., М., 1988, с. 115-16, 154-55. И. И. Крылов.

ТРИФТОРНИТРОЗОМЕТАН CF_3NO , мол. м. 99,01; газ синего цвета с резким запахом гнили; т. пл. $-196,6^\circ\text{C}$, т. кип. -84°C ; $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 16,84 кДж/моль; плохо раств. в воде, хорошо – в орг. р-рителях. Длины связей в молекуле Т. (нм) 0,1546 (C–N), 0,1326 (C–F), 0,1197 (N=O), углы CNO $113,2^\circ$, NCF $109,0^\circ$.

Т. устойчив к гидролизу в нейтральных и кислых средах: под действием щелочей или при нагревании в присутствии активированного угля диспропорционирует:



При УФ-облучении Т. димеризуется: $\text{CF}_3\text{NO} \rightarrow (\text{CF}_3)_2\text{NONO}$. При окислении образует трифторнитрометан, при восстановлении – трифторметилгидроксиламин CF_3NHOH , с аминами дает азосоединения $\text{CF}_3\text{N}=\text{NR}$ (R = H, Alk, Ar). Легко вступает в р-ции циклоприсоединения, образуя с алкенами смесь [2+2]-циклоаддуктов (оксазетидинов) и линейных сополимеров, а с диенами – [2+4]-циклоаддукты:



Получают Т. фотолизом смеси CF_3I (или CF_3Br) и NO в присутствии Hg; пиролизом трифторацетилнитрита; взаимодействием трифторметана с ClNO при УФ-облучении; фторированием AgCN или дициана; разложением трифторацетилгидроксамовой кислоты.

Т. – мономер для получения термо- и химически стойких высокоэластичных фторнитрозокаучуков.

При вдыхании обладает удушающим действием, раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей.

Лит.: Кнуянц И. Л., Сизов Ю. А., Ухаров О. В., «Успехи химии», 1983, т. 52, в. 6, с. 976-1017; Gmelins Handbuch der anorg. Chem., 8 Aufl., Syst. № 5, Tl 7, Perfluorhalogenorgano-Verbindungen der Hauptgruppenelemente, B.-[u. a.], 1979, S. 151-73. И. И. Крылов.

ТРИФТОРУКСУСНАЯ КИСЛОТА CF_3COOH , мол. м. 114,03; бесцв. дымящая на воздухе жидкость с острым раздражающим запахом; т. пл. $-15,3^\circ\text{C}$, т. кип. $72,4^\circ\text{C}$; d_4^{20} 1,489; n_D^{20} 1,2850; $t_{\text{крист}}$ $218,15^\circ\text{C}$, $p_{\text{крист}}$ 3,26 МПа, $d_{\text{крист}}$ 525 кг/м³; η 1,225 мПа·с (0 $^\circ\text{C}$), 0,877 мПа·с (20 $^\circ\text{C}$); μ $7,6 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 34,21 кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ -1020 кДж/моль; ϵ 8,55 (20 $^\circ\text{C}$); pK_a 0,558 (25 $^\circ\text{C}$, вода).

Смешивается с водой и орг. р-рителями во всех соотношениях, с водой образует азеотропную смесь (т. кип. $105,46^\circ\text{C}$, 79,4% по массе Т. к.). С диалкиловыми эфирами, кетонами, карбоновыми кислотами и др. электронодонорными соед. дает

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ТРИФТОРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

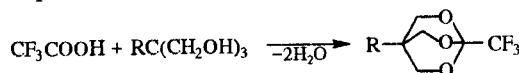
Соединение	Мол. м.	Т. пл., $^\circ\text{C}$	Т. кип., $^\circ\text{C}$	d_4^{20}	n_D^{20}
Трифторацетилхлорид CF_3COCl	132,47	—	18,5	—	—
Трифторацетангидрид $(\text{CF}_3\text{CO})_2\text{O}$	210,03	-65,0	38,8-39	1,495*	1,2680*
Этилтрифторацетат $\text{CF}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	142,03	—	61,0	1,464	1,2772
Трифторацетамид CF_3CONH_2	113,04	74,8	162,5	—	—
Трифторацетонитрил CF_3CN	95,02	-100	-63	—	—

* При 25 $^\circ\text{C}$.

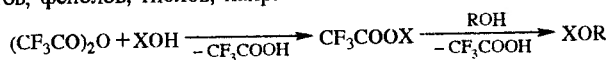
прочные комплексы. Термически стабильна, не разлагается при нагревании до 400 $^\circ\text{C}$.

По хим. св-вам – типичная карбоновая кислота. Свойства производных Т. к. см. в таблице.

Т. к. легко присоединяется по кратным связям алкенов, циклоалкенов, ацетиленов с образованием трифторацетатов; с галогенами дает малоустойчивые гипогалогениты CF_3COONa , к-рые селективно галогенируют разл. соед.; при нагревании Ag-соли Т. к. с избытком I_2 образуется трифторметилиодид; при восстановлении Т. к. и ее эфиров LiAlH_4 при 0 $^\circ\text{C}$ трифторацетальдегид, а при избытке восстановителя при 30 $^\circ\text{C}$ – 2,2,2-трифторэтанол. Р-ция с многоатомными спиртами (напр., с триолами) приводит к полициклич. ортоэфирам, напр.:

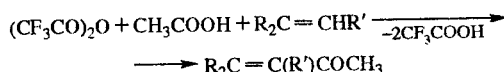


При действии P_2O_5 на Т. к. образуется трифторацетангидрид – сильный ацилирующий агент; при взаимодействии с спиртами Т. к. дает сложные эфиры, с аминами – амиды, с карбоновыми кислотами – смешанные ангидриды. Последние, а также $(\text{CF}_3\text{CO})_2\text{O}$ в присутствии минер. кислот или сульфокислот используют в качестве промоторов при ацилировании спиртов, фенолов, тиолов, напр.:



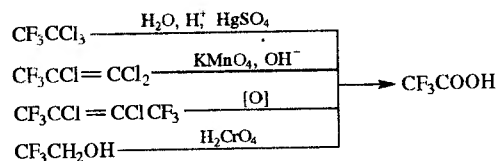
X = Ac, NO_2 , AlkSO_2 и др.

Алкены и нек-рые ароматич. соед. в этих условиях образуют кетоны, напр.:



В промышленности Т. к. получают электрохим. фторированием ангидрида или фторангидрида уксусной кислоты в безводном HF с послед. гидролизом образующегося фторангидрида Т. к.

Т. к. может быть получена также кислотным гидролизом 1,1,1-трифтортрихлорэтана, окислением хлоролефинов, содержащих группу CF_3 , или 2,2,2-трифторэтанолом:



Т. к. – сырье в орг. синтезе, катализатор в р-циях этерификации и полимеризации, р-ритель для ряда термостойких полимеров. Трифторацетангидрид применяют в производстве ацетатного шелка (США, Великобритания), фармацевтич. препаратов, пестицидов, в качестве реагента для защиты функциональных групп в синтезе пептидов.

Т. к. – трудногорюча, невзрывоопасна. В жидком виде и в парах вызывает сильные ожоги кожных покровов и слизистых оболочек. ПДК в воздухе рабочей зоны 2 мг/м³.

Лит.: Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, пер. с англ., т. 3, М., 1970; Исканов Н., Кобаяси Е., Фтор. химия и применение, пер. с япон., М., 1982; Промышленные фторорганические продукты. Справочник, Л., 1990, с. 367-71. И. И. Крылов.

ТРИХЛОРБЕНЗОЛЫ, соед. общей ф-лы $\text{C}_6\text{H}_3\text{Cl}_3$, мол. м. 181,45. Различают 1,2,3-, 1,2,4- и 1,3,5-Т.

1,2,3- и 1,3,5-Т. – бесцв. кристаллы, 1,2,4-Т. – бесцв. жидкость (см. табл.). Не раств. в воде, плохо раств. в этаноле, очень плохо – в бензоле, петролейном эфире, CS_2 , хлорированных алифатич. и ароматич. углеводородах. 1,2,3-Т.

СВОЙСТВА ТРИХЛОРБЕНЗОЛОВ

Показатель	Соединение		
	1,2,4-Т.*	1,2,3-Т.	1,3,5-Т.
Т. пл., °C	17,0	53,5	65,5
Т. кип., °C	213,5	218,5	208,4
d_4^{20}	1,456	1,381	1,356 (100 °C)
Давление пара, кПа	0,13 (38,4 °C)	0,13 (40 °C)	0,13 (37,3 °C)
C_p^0 , кДж/(кг·K)	0,861 (400 K)	0,884 (400 K)	—
$\Delta H_{исп}^0$, кДж/кг	255,8	300,0	—
μ , Кл·м	4,17·10 ⁻³⁰	7,71·10 ⁻³⁰	—
η , мПа·с	2,08 (20 °C)	1,68 (50 °C)	0,841 (70 °C)
$t_{крит}$, °C	461,8	489,5	470,8
$p_{крит}$, МПа	3,99	3,01	3,01
$T_{всп.}$, °C	110	113	107

* n_D^{19} 1,5776.

(34% по массе) и 1,2,4-Т. (66%) образуют эвтектич. смесь, т. пл. 1,5 °C.

Т. обладают св-вами *ароматических соединений*. Для них характерно нуклеоф. замещение атомов Cl и электроф. замещение в ароматич. ядро. При действии водных или спиртовых р-ров щелочей при повыш. т-рах (150–180 °C) и давлениях Т. гидролизуются до дихлорфенолов: 1,2,4-Т. – в 2,5-дихлорфенол, 1,2,3-Т. – в 2,6-дихлорфенол. Т. хлорируются Cl₂ (80–100 °C, кат. – Fe) с образованием смеси тетрахлорбензолов, нитруются и сульфатируются. Электроф. агенты в случае 1,2,3-Т. атакуют положение 4; в случае 1,2,4-Т. – положения 5 (гл. обр.) и 3, в случае 1,3,5-Т. – положение 2. Реакц. способность Т. при хлорировании уменьшается в ряду 1,3,5-Т. > 1,2,3-Т. > 1,2,4-Т.

1,2,3- и 1,2,4-Т. получают хлорированием бензола, хлорбензола или 1,2-дихлорбензола при 100 °C в присут. FeCl₃. При соотношениях Cl₂:C₆H₆ = 2,8:1 образуется смесь, содержащая 48% 1,2,4-Т., 8% 1,2,3-Т., 30% дихлорбензолов и 14% полихлорбензолов; селективно 1,2,4-Т. получают хлорированием 1,4-дихлорбензола. 1,2,4- и 1,2,3-Т. в пром-сти м. б. также получены при дегидрохлорировании смеси стереоизомеров *гексахлорциклогексана*. Процесс осуществляют в газовой фазе при 250–300 °C или жидкой фазе в присут. щелочных агентов. Разделяют Т. ректификацией и кристаллизацией.

1,3,5-Т. получают из 3,5-дихлоранилина по *Зандмейера реакции*, парофазным хлорированием 1,3-дихлорбензола, хлорированием 3,5-дихлорнитробензола или 1-бром-3,5-дихлорбензола при 300–400 °C.

Т. – компоненты разл. диэлектрич. жидкостей (1,2,4-Т.); промежут. продукты в синтезе пирогаллола (1,2,3-Т.), флороглюцина (1,3,5-Т.), трансформаторного масла (1,2,4-Т.), кубовых красителей, пестицидов, ускорителей вулканизации; высококипящие р-рители (гл. обр. 1,2,4-Т.); применяются в орг. синтезе, напр., аминов, нитросоединений.

Т. – трудногорючие жидкости; т. воспл. паров в воздухе 107–115 °C (1,2,3- и 1,2,4-Т.). Т. токсичны; действуют на центр. нервную систему, вызывают изменения крови; раздражают слизистые оболочки верх. дыхат. путей и глаз; для 1,2,4-Т. ЛД₅₀ 756 мг/кг (крысы, внутривенно). ПДК смеси Т. в атм. воздухе 0,008 мг/м³, ПДК в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,03 мг/м³.

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опина, М., 1978. Ю. А. Треггер.

ТРИХЛОРЭТАНЫ C₂H₃Cl₃, мол. м. 133,41. Известны 1,1,2-Т. СНCl₂CH₂Cl и 1,1,1-Т. (метилхлороформ) CH₃CCl₃, бесцв. жидкости (см. табл.) со сладковатым запахом, хорошо раств. во мн. орг. р-рителях. Для 1,1,2-Т. р-римость в воде (% по массе): 0,45 (20 °C), 0,50 (80 °C), р-римость воды в 1,1,2-Т. 0,16 (30 °C); с водой образует азеотропную смесь (т. кип. 86 °C, 16,4% воды). Энергии связей (кДж/моль): C–H (для группы CH₂Cl) 390,8, C–Cl (для СНCl₂ и CH₂Cl) 323,4 и 335,1 соотв., C–C 363,2. Для 1,1,1-Т. р-римость в воде (% по

массе): 0,159 (0 °C), 0,132 (20 °C), 0,128 (50 °C); р-римость воды в 1,1,1-Т. 0,016 (0 °C), 0,042 (30 °C).

Хлорирование Т. в жидкой фазе в присут. инициаторов (порофора) при 80–90 °C приводит к тетрахлорэтанам и далее к гексахлорэтану. При дегидрохлорировании в жидкой фазе с помощью Ca(OH)₂ при 30–90 °C образуется винилиденхлорид; при применении NaOH и KOH – хлорацетилен (для 1,1,1-Т. р-ция протекает бурно, иногда со взрывом). При дегидрохлорировании в газовой фазе (400–450 °C) или на катализаторе (250–300 °C, BaCl₂ на активир. угле и др.) 1,1,1-Т. дает винилиденхлорид, 1,1,2-Т. – примерно равную смесь винилиденхлорида и *цис*- и *транс*-дихлорэтиленов [в присут. основных катализаторов (высококипящих аминов, KF на пемзе) образуется преим. винилиденхлорид]. Гидролиз 1,1,2-Т. приводит к хлорацетальдегиду, а 1,1,1-Т. – к ацетилхлориду. 1,1,1-Т. легко окисляется даже при комнатной т-ре, р-ция ускоряется в присут. следов воды и нек-рых металлов (Al, Fe и др.); при этом образуются фосген, HCl, CO₂, H₂O; для предотвращения окисления используют стабилизаторы на основе 1,4-диоксана, диметоксиэтана, алифатич. спиртов и др.

1,1,2-Т. получают хлорированием винилхлорида в жидкой фазе в присут. 0,01–0,1% FeCl₃ при 20–30 °C либо хлорированием 1,2-дихлорэтана в присут. порофора при 80–90 °C; в последнем случае степень превращения дихлорэтана не должна превышать 40–60%.

1,1,1-Т. получают гидрохлорированием винилиденхлорида в жидкой фазе в присут. 0,1–0,5% FeCl₃ при 20–30 °C (выход 98–99%), а также хлорированием 1,1-дихлорэтана в газовой фазе при 350–400 °C или в присут. силикагеля, песка, пемзы (без Fe) либо в жидкой фазе в присут. порофора при 80–90 °C или УФ света при 10–30 °C.

СВОЙСТВА ТРИХЛОРЭТАНОВ

Показатель	1,1,2-Т.	1,1,1-Т.
Т. пл., °C	–36,5	–32,8
Т. кип., °C	113,9	74,1
d_4^{20}	1,440	1,339
n_D^{20}	1,4714	1,4379
$p_{крит}$, МПа	4,8	4,03
$t_{крит}$, °C	339	266
$\rho_{крит}$, г/см ³	0,497	—
η , мПа·с (20 °C)	—	0,86
γ , мН/м	33,57 (20 °C) 22,0 (113 °C)	25,56 (20 °C) 20,5 (60 °C)
μ , Кл·м	5,17·10 ⁻³⁰	5,23·10 ⁻³⁰
Давление пара, кПа	0,13 (–24 °C) 2,67 (21,6 °C)	4,96 (0 °C) 13,13 (20 °C) 65,45 (60 °C)
C_p^0 , кДж/(кг·K)	0,659 (25 °C) 1,113 (20 °C)	0,669 (0 °C) 1,017 (20 °C)
$\Delta H_{исп}^0$, кДж/моль	–138,5	–141,84
$\Delta H_{исп}^0$, кДж/моль	–1099	–915,4
$\Delta H_{исп}^0$, кДж/кг	304,4	246
ϵ (20 °C)	7,29	5,64
Теплопроводность, Вт/(м·K) (20 °C)	0,135	0,1038

1,1,2-Т. применяют для получения винилиденхлорида. Стабилизир. 1,1,1-Т. используют для холодной очистки металлич. поверхностей, в т. ч. содержащих цветные металлы (Al, Cu и др.) и их сплавы, как р-ритель масел, жиров, дегтя, восков и т. д., для обезжиривания электронной аппаратуры, печатных плат, высокочувствит. приборов.

1,1,2-Т. – трудногорючая жидкость, т. восп. 29 °C, КПВ 8,7–17,4%; 1,1,1-Т. взрыво- и пожаробезопасен, т. самовоспл. 570 °C, ПДК в атмосферном воздухе 0,2 мг/м³.

Мировое произ-во 900 тыс. т/год (1990).

Лит. см. при ст. Тетрахлорэтаны.

Ю. А. Треггер.

ТРИХЛОРИТИЛЕН (трихлорэтен) ClCH=CCl₂, мол. м. 131,39; бесцв. жидкость со сладковатым запахом; т. пл. –73 °C, т. кип. 86,7 °C; d_4^{20} 1,4642; n_D^{20} 1,4773; $p_{крит}$ 5,02 МПа, $t_{крит}$ 271 °C; η (мПа·с) жидкости 0,90 (–20 °C), 0,58 (20 °C), 12

14

Т.- компонент катализаторов Циглера – Натты, восстанавливающий агент (напр., для превращения карбонильной группы в спиртовую); применяется также для нанесения пленок из Al.

А. С. Перегудов.

ТРИЭТИЛАМИН, см. *Этиламин*.

ТРИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ {2-[2-(2-гидроксиэтокс)этокс]этанол, бис-(гидроксиэтил)гликолевый эфир, тригликоль} $\text{H}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_3\text{OH}$, мол. м. 150,18; бесцв. вязкая гигроскопич. жидкость без запаха, сладковатого вкуса; т. пл. -5°C , т. кип. $278,3^\circ\text{C}$, $165^\circ\text{C}/14\text{ мм рт. ст.}$; d_4^{20} 1,1274; n_D^{20} 1,4531; η 47,8 мПа·с; ур-ния температурной зависимости давления пара: $\lg p$ (мм рт. ст.) = $9,6396 - 3726,2/T$ ($413-483\text{ K}$), $\lg p$ (мм рт. ст.) = $7,758 - 3170/T$ ($293-302\text{ K}$); $\Delta H_{\text{обр}}^0 -801,4\text{ кДж/моль}$, $\Delta H_{\text{пл}}^0 18,2\text{ кДж/моль}$, $\Delta H_{\text{исп}}^0 62,6\text{ кДж/моль}$; теплопроводность 0,23 Вт/(м·К); электропроводность $8,4 \cdot 10^{-8}\text{ См}\cdot\text{см}^{-1}$; ϵ 23,69. Смешивается с водой, низшими спиртами, гликолями и их эфирами, аминами, альдегидами, ацетоном, анилином и др., ограничено – с дибутилфталатом, диэтиловым эфиром, тетрагидроэтиленом, CCl_4 . В Т. плохо раств. смолы, растит. и животные масла, гештан, канифоль и др. Т. образует азеотропные смеси с аценафтенном, глицерином, диметил- и диэтилфталатами, дифенилом и др.

По хим. св-вам близок к *диэтиленгликолю*.

При взаимодействии с карбоновыми к-тами и их ангидридами Т. образует сложные моно- и диэфиры, с ацетиленом в щелочной среде – виниловые и дивиниловые эфиры, с акрилонитрилом – моно- или бисдианозетиловые эфиры, с водой в кислой среде при $200-300^\circ\text{C}$ – ди- и моноэтиленгликоли, при оксэтилировании при $160-200^\circ\text{C}$, особенно в присут. щелочных катализаторов, – полиэтиленгликоли. Т. способен к автоокислению; с водой, аминами и др. соед. образует меж- и внутримол. водородные связи (60–70%-ный водный р-р Т. имеет т-ру замерзания от -40 до -48°C).

В пром-сти Т. получают в качестве побочного продукта в произ-ве моно- и диэтиленгликолей гидратацией этиленоксида. Т. образуется также при оксэтилировании диэтиленгликоля в щелочной или кислой среде.

Благодаря высокой гигроскопичности Т. используют как осушитель прир. газа и воздуха. Т. – пластификатор, селективный экстрагент ароматич. углеводородов из их смесей с парафинами, р-ритель нитратов целлюлозы и т.п., сырье в орг. синтезе. Вследствие малой летучести может использоваться вместо диэтиленгликоля как увлажнитель табака, компонент гидравлич. жидкостей.

Т. обладает оральной токсичностью, действует на почки и центр. нервную систему, однако менее опасен, чем моно- и диэтиленгликоль. ПДК в воздухе рабочей зоны 10 мг/м^3 .

Т. всп. (в открытом тигле) 154°C , т. воспл. 170°C , т. самовоспл. 371°C , КПВ 0,9–9,2% по объему.

Мировое произ-во ок. 100 тыс. т/год (1985).

Лит.: Дымент О.Н., Казанский К.С., Мирошников А.М., Ганголи и другие производные окисей этилена и пропилена, М., 1976; Kirk – Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 11, N. Y., 1980, p. 949. Б. Б. Чесноков.

ТРОЙНАЯ СВЯЗЬ, см. *Кратные связи*.

ТРОЙНАЯ ТОЧКА. 1) В однокомпонентной системе – точка на *диаграмме состояния* в-ва, отвечающая т-ре и давлению, при к-рых в равновесии находятся три фазы (в общем случае – кристаллич., жидкая и газообразная). В Т. т. сходятся три линии двухфазных равновесий: линия испарения (равновесие жидкость – пар), линия возгонки, или сублимации (равновесие кристалл – пар), линия плавления (равновесие кристалл – жидкость) и разделенные этими линиями фазовые поля, отвечающие кристаллам, жидкости и пару. Моновариантные (допускающие изменение одного из параметров состояния) – т-ры или давления) линии двухфазных равновесий расположены таким образом, что каждая из них, будучи продолжена за Т. т., обязательно проходит между двумя другими. Т. т. невариантна, т. е. не допускает изменения ни одного из параметров состояния – ни т-ры, ни давления.

При наличии *полиморфизма* на диаграмме состояния появляются дополнительные Т. т., отвечающие равновесию двух твердых фаз с паром (случай энантиотропии). При высоких

ТРОЙНЫЕ ТОЧКИ НЕКОТОРЫХ ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ И ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

В-во	Т-ра, К	Давление, Па	В-во	Т-ра, К	Давление, Па
Ne	24,54	43265	SiH_4	88,48	28
Ar	83,81	68900	SiCl_4	204,3	82
H_2	13,96	7205	GeCl_4	221,6	78,0
Cl_2	172,1	1354	SnCl_4	239,8	62
Br_2	265,9	4654,8	BF_3	144,79	8300
F_2	53,54	191,98	BCl_3	166	468
N_2	63,14	12520	Al_2Cl_6	465,6	$2,31 \cdot 10^5$
O_2	54,36	156	Ga_2Cl_6	350,9	1420
I_2	386,8	9503,9	InCl_3	856	$13,0 \cdot 10^5$
HF	189,80	535	Zn	692,7	21,06
HCl	159,0	$1,37 \cdot 10^4$	ZnCl_2	590	2,69
H_2O	273,16	609	Cd	594,3	22,13
H_2S	187,61	23200	CdCl_2	841,6	266
SO_2	197,69	15700	Hg	234,3	$3,07 \cdot 10^{-4}$
H_2Se	207,43	27300	HgCl_2	553,2	$6,3 \cdot 10^4$
NH_3	195,43	6080	Fe	1811	3,27
P_4 (красный)	866	$45,6 \cdot 10^5$	FeCl_3	580,6	$7,72 \cdot 10^4$
P_4 (белый)	317,29	21,28	CoCl_2	1013	1140
PH_3	139,4	3640	NiCl_2	1282,2	$1,957 \cdot 10^5$
As_4 (серый)	1090	$359,7 \cdot 10^4$	Mn	1517	12,26
AsH_3	156,23	2978	Re_2O_7	574,6	$245 \cdot 10^4$
As_2O_3 (моно-клинный)	587	10030	MoCl_5	467,6	12400
SbCl_3	346,4	385	WCl_6	521	31900
SbCl_5	276,2	35,9	NbCl_5	478	32000
CH_4	90,67	11540	TaCl_5	489,6	59900
C_2H_4	103,94	120	TiCl_4	249	45,6
C_2H_2	192,6	$12,82 \cdot 10^4$	Mg	923	333
CO_2	216,6	$5,16 \cdot 10^5$	Na	371	$1,47 \cdot 10^{-5}$
CO	68,13	15370	K	337	$10,96 \cdot 10^{-5}$

давления Т. т. может отвечать равновесию двух твердых фаз с жидкостью, а также трех твердых фаз. Появляются также и метастабильные Т. т., расположенные на пересечении линий метастабильных двухфазных равновесий (или продолжений этих линий). В случае монотропии появляется только метастабильная Т. т.

Т. т. используют в *термометрии* для градуирования приборов. Т. т. воды – основная реперная точка абс. термодинамич. температурной шкалы. В табл. приведены параметры Т. т. для нек-рых в-в.

2) В тройных системах Т. т. – точки невариантных четырехфазных равновесий (см. *Многокомпонентные системы*). В эвтектич. или перитектической Т. т. сходятся три пов-сти первичной кристаллизации разл. фаз и соотв. три линии совместной кристаллизации, отвечающие трехфазным равновесиям. Т. т. указывают состав жидкой фазы, находящейся в равновесии с тремя кристаллич. фазами. Эвтектическая Т. т. расположена внутри центра трапеции, в вершинах к-рого находятся точки состава соответствующих кристаллич. фаз, перитектическая Т. т. – вне этого трапеции. Перитектические Т. т. могут быть двух видов: точки двойного подъема, в к-рых одна из трех линий совместной кристаллизации отходит от Т. т., понижаясь, а две другие – повышаясь; точки двойного спуска, в к-рых две линии совместной кристаллизации отходят с понижением, а одна – с повышением.

Лит. см. при статьях *Диаграмма состояния*, *Физико-химический анализ*.

П. И. Федоров.

ТРОМБИН (α -тромбин), фермент класса гидролаз (сериновая протеаза), катализирующий гидролиз пептидных связей, образованных остатками аргинина и лизина (обладает ограниченной субстратной специфичностью).

Т. играет ключевую роль в системе свертывания крови – катализирует превращение фибриногена в *фибрин*, осуществляет активацию разл. факторов свертывания крови. (см. *Протромбиновый комплекс*), стимулирует активацию тромбоцитов, эндотелиальных (выстилают внутр. стенки кровеносных и лимфатич. сосудов, полостей сердца) и гладкомышеч-

ных клеток. Т. проявляет также неферментативные (гормоноподобные) св-ва — связывается с рецепторами лейкоцитов, стимулирует хемотаксис (направленное движение клеток, обусловленное градиентом концентрации хим. в-в).

Т. вовлекается в процессы заживления ран, функционирует как сильное антигенное (воздействующее на кровеносные сосуды) и митогенное (стимулирует деление клеток) ср-во; участвует в разл. патол. процессах, таких, как тромбозы, атеросклероз, рак и др.

Молекула Т. человека (молекулярная масса ок. 40 тыс.) состоит из двух пептидных цепей (А и Б), содержащих соотв. 36 и 259 аминокислотных остатков, связанных одной дисульфидной связью. Каталитич. участок активного центра фермента расположен в Б цепи, аминокислотная последовательность к-рой гомологична структуре трипсина, химотрипсина и эластазы (фермент, катализирующий гидролиз белка эластина — компонента волокна соединит. ткани). Каталитич. центр Т. содержит характерный для сериновых протеаз фрагмент Gly—Asp—Ser—Gly—Gly—Pro (букв. обозначения см. в ст. Аминокислоты).

Молекула Т. содержит два анионсвязывающих участка, один из к-рых расположен вблизи каталитич. центра и ответствен за «узнавание» фибриногена. Со вторым связываются гепарин и др. полисахариды, а также гирудин (белок, вырабатываемый слюнными железами мед. пиявок; состоит из 65 аминокислотных остатков) и клеточные мембраны.

Неполярный участок связывания, расположенный вблизи каталитич. центра Т., обуславливает преим. расщепление ферментом субстратов, содержащих пептидные связи, образованные аргинином и лизином, непосредственно связанными с остатком пролина или с др. неполярными остатками аминокислот. Вблизи каталитич. центра располагается уникальная аминокислотная последовательность Tyr—Pro—Pro—Tyr, к-рая обеспечивает хемотоксич. св-ва Т. в отношении лейкоцитов. Аминокислотная последовательность Arg—Gly—Asp участвует в связывании Т. с клеточными рецепторами. Кроме того, Т. содержит углеводную компоненту, функцион. роль к-рой не выяснена.

Т. образуется из протромбина в результате его активации. Ингибиторы Т.— белки плазмы крови антитромбин III (молекулярная масса ок. 65 тыс.), α_2 -макрглобулин (молекулярная масса ок. 725 тыс.) и нек-рые др.; наиб. ингибирующим действием обладает гирудин.

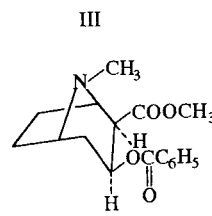
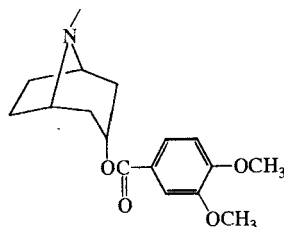
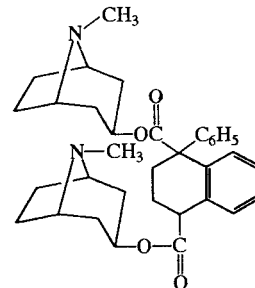
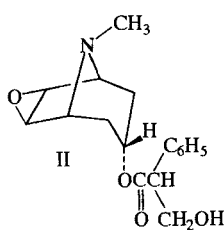
Лит.: Овчинников Ю. А., Биоорганическая химия, М., 1987, с. 233–34; Fenton J. W. II, «Seminars of Thrombosis and Hemostasis», 1988, № 14, p. 234–40; там же, 1989, № 15, p. 265–68. И. И. Баскова.

ТРОПАНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ, содержат в молекуле остаток тропана (ф-ла I) и являются сложными эфирами аминокислот и карбоновых к-т. Аминокислоты представляют собой, как правило, производные тропана, тропина (3-гидрокситропан), эгонина (3-гидрокси-2-карбокситропан), 3,7-дигидрокситропана, скопина (6,7-эпокситропан), телодиона (3,6,7-тригидрокситропан) и др. Из к-т в этих алкалоидах наиб. часто встречаются троповая $C_6H_5CH(CH_2OH)COOH$, бензойная C_6H_5COOH , вератровая (3,4-диметоксибензойная), изовалериановая, (+)- α -метилмасляная, коричная и др.

Т. а. обнаружены в растениях семейства пасленовых (Solanaceae), реже — др. семейств, напр. эритроксиловых (Erythroxylaceae) и выюньковых (Convolvulaceae).

Иногда среди Т. а. выделяют группы атропина и кокаина. Алкалоиды группы атропина представляют собой производные тропана с заместителями, гл. обр. в положениях 3,6,7. Атропин — рацемат гиосциамин — сложный эфир тропина и троповой к-ты, содержится (в кол-ве 0,1–0,5%) в белладонне (*Atropa belladonna*), белене (*Hyoscyamus niger*), скополии (*Scopolia tangutica*) и др. видах семейства пасленовых. В тех же растениях содержится родственный алкалоид скополамин (II) — сложный эфир скопина и троповой к-ты бесцв. кристаллы, хорошо раств. в воде, хуже в этаноле; $[\alpha]_D^{20}$ (в воде), т. пл. моногидрата 59 °С. Для практич. целей его

получают из семян дурмана индийского (*Datura innoxia*). К группе атропина относят ряд алкалоидов, молекулы к-рых содержат по два тропановых ядра. Примерами могут служить α - и β -белладонины (цис- и транс-изомеры III) — эфиры тропина и соотв. α - и β -изотроповых к-т, а также субхирин $A_2C=O$ и конвольвидин ACH_2CH_2A , где А имеет строение IV.

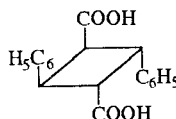


IV

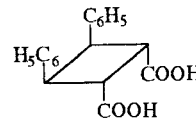
V

Т. а. группы кокаина имеют заместители в положениях 2 и 3 тропанового ядра. Они содержатся в листьях кустарника кока (Erythroxylon coca) в кол-ве ок. 1% (культурные растения содержат их значительно меньше). Кокаин (V) представляет собой бесцв. кристаллы горького вкуса, т. пл. 98 °С, $[\alpha]_D^{20}$ –15,8° (в воде), хорошо раств. в воде и этаноле. При кислотном или щелочном гидролизе распадается на бензойную к-ту, метанол и эгонин. В пром-сти кокаин получают экстракцией из листьев кока или омылением смеси алкалоидов до эгонина с послед. метилированием его карбоксильной группы и бензоилированием.

Из алкалоидов группы кокаина по два тропановых ядра содержат α - и β -труксиллины, к-рые представляют собой метиловые эфиры эгонина, этерифицированные по группе OH соотв. α -труксилловой (VI) и β -изотруксилловой (VII) к-тами.



VI



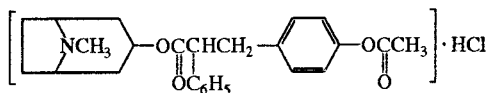
VII

Фармакологич. действие Т. а. разнообразно. Атропин (как и гиосциамин) возбуждает центр. нервную систему, стимулирует дыхание (но в больших дозах может вызвать его остановку). Для лечебных целей применяется как спазмолитич. ср-во. Скополамин по фармакологич. св-вам сходен с атропином. Используется в офтальмологии (для расширения зрачка), в неврологии — для лечения паркинсонизма, в анестезиологии — при подготовке к наркозу. Кокаин — сильный наркотик; из-за высокой токсичности находит применение в медицине только как местноанестезирующее ср-во (для поверхностной анестезии в стоматологии, офтальмологии). Большие дозы кокаина вызывают паралич дыхания, центра.

Лит.: Boil H. G., Ergebnisse der Alkaloid-Chemie bis 1960, B., 1961; The alkaloids: chemistry and physiology, ed. by R. H. F. Manske, H. L. Holmes, v. 6, N. Y., 1960, p. 145; v. 13, N. Y. — L., 1971, p. 352. С. Ф. Апинова.

ТРОПАФЕН [гидрохлорид тропинового эфира 2-фенил-3-(4-ацетоксифенил)пропионовой к-ты], молекулярная масса 443,98;

бесцв. кристаллы; т. пл. 190–198 °С; хорошо раств. в воде (рН р-ра 5,0–6,5), 95%-ном этаноле, хлороформе, плохо – в ацетоне, практически не раств. в бензоле, толуоле, диэтиловом эфире, этилацетате.



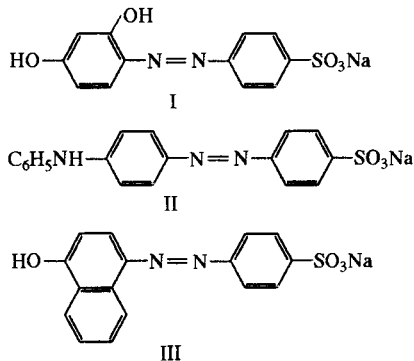
Получают взаимод. 2-фенил-3-(4-гидроксифенил)пропионовой к-ты с уксусным ангидридом с послед. переводом полученной 2-фенил-3-(4-ацетоксифенил)пропионовой к-ты в ее хлорангидрид, к-рый используют для ацилирования тропина (см. *Тропановые алкалоиды*).

Т.– адреноблолирующее ср-во, расширяет периферич. сосуды и понижает артериальное давление, обладает антисеротониновой активностью. Применяется для лечения заболеваний, связанных с нарушениями периферич. кровообращения, при оперативных вмешательствах с целью предупреждения симпатоимитич. р-ций, а также для диагностики и лечения феохромоцитомы (опухоль надпочечника).

Г. Я. Шварц

ТРОПАЦИН, см. *Противопаркинсонические средства*.

ТРОПЕОЛИНЫ, моноазокрасители, применяемые в качестве хим. индикаторов. Получаются диазотированием сульфаниловой к-ты и послед. азосочетанием продукта с резорцином (Т.0; ф-ла I), дифениламином (Т.00; II) или α-нафтолом (Т.000; III). Хим. св-ва Т. аналогичны св-вам др. азокрасителей (см. также *Азосоединения*).



Т.0 [натриевая соль 4-(2,4-дигидроксифенилазо)бензолсульфокислоты, резорциновый желтый, хризоин], мол. м. 316,27, красные кристаллы, раств. в воде, плохо – в этаноле. Соответствующая к-та – красно-оранжевые кристаллы, не раств. в воде и диэтиловом эфире, раств. в этаноле; pK_a 11,8. Т.0 применяют как кислотно-основной индикатор в виде 0,1%-ного водного р-ра (переход окраски от желтой к оранжево-коричневой при рН 11,1–12,7), а также для фотометрич. определения Pd и для окрашивания биол. препаратов при микроскопич. исследованиях.

Т.00 [натриевая соль 4-(4-анилинофенилазо)бензолсульфокислоты, дифениламиновый оранжевый, оранже IV, прочный желтый, анилиновый желтый, кислотный оранжевый 5], мол. м. 375,38, оранжево-коричневые кристаллы, раств. в воде и этаноле; для соответствующей к-ты pK_a 2,0. Т.00 взаимодействует с HNO_2 с образованием N-нитрозамина, к-рый при нагр. с разб. HNO_3 дает смесь моно-, ди- и тринитропроизводных. Т.00 применяют обычно в виде 1%-ного водного р-ра или 0,04%-ного р-ра в 50%-ном этаноле как кислотно-основной индикатор (переход окраски от красной к желтой при рН 1,3–3,2), в т. ч. при титровании в неводных средах, а также как адсорбц. индикатор при аргентометрии. определения Cl⁻ (переход окраски от желтой к розовой). Т.00 – реагент для обнаружения и фотометрич. определения Zn и Mg.

Т.000 [натриевая соль 4-(4-гидрокси-1-нафтилазо)бензолсульфокислоты, оранжевый I, α-нафтоловый оранжевый], мол. м. 350,33, красновато-бурые кристаллы, раств. в воде, плохо – в этаноле. Соответствующая к-та – желтые кристал-

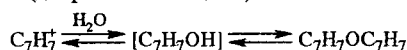
лы, плохо раств. в воде, хорошо – в этаноле; pK_a 8,2. Т.000 применяют в виде 0,1 или 1,0%-ного водного р-ра как кислотно-основной индикатор; переход окраски от желто-зеленой к розовой при рН 7,4–8,9.

ТРОПИЛИЙ Соединения (соли тропилия), содержат ион тропилия $C_7H_7^+$ (ф-ла I). Тропилий (циклогептатриенилий, Т.) – ароматич. небензоидный карбокатион, у к-рого заряд делокализован между всеми атомами С семичленного цикла. Соли Т. $C_7H_7^+X^-$ – стабильные, высокоплавающие в-ва (напр., для хлорида, бромида, йодида т. пл. 102, 203 и 136 °С соотв.); не раств. в неполярных орг. р-рителях; при $X = Cl, Br, BF_4, SbF_6$ соед. хорошо раств. в воде и этаноле, при $X = ClO_4, B(C_6H_5)_4, PtCl_6$ – плохо раств. в этих р-рителях; хлорид и бромид гигроскопичны; перхлорат взрывает.

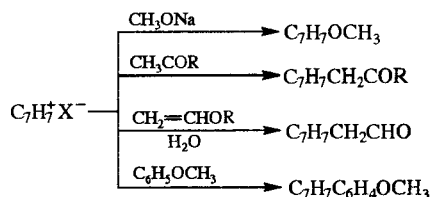


Для бромида потенциал восстановления 1,05 В; в УФ спектре λ_{max} 275 нм ($\lg \epsilon$ 3,64); в спектрах ЯМР 1H и ^{13}C хим. сдвиги (δ) 9,28 и 155 м. д. соотв.; pK_a 4,75, pK_a бензотропилия 1,6, дибензотропилия 3,7.

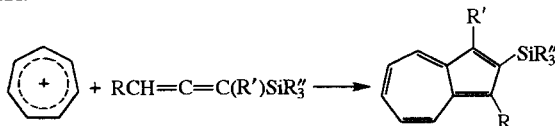
В водных р-рах солей Т. устанавливается равновесие между Т., тропиловым спиртом (нестабильное соед.) и дитропиловым эфиром (дитропилийоксидом):



Соли Т. легко реагируют с нуклеоф. реагентами (RO^- , H_2S , NH_3 , RNH_2 и др.), соединениями с подвижным атомом водорода (альдегиды, кетоны, β-кетоэфиры и др.), активир. олефинами и аренами, напр.:



Р-ция Т. с алленилсиланами приводит к замещенным азуленам:

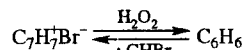


Соли Т. легко окисляются до бензальдегида (окислители – Br_2 , CrO_3 , Ag_2O и др.); при каталитич. гидрировании дают циклопентан, при восстановлении Zn – дитропил (C_7H_7)₂.

Т. – эффективный акцептор электронов; с ароматич. соединениями, галогенид-ионами и др. образует комплексы с переносом заряда; возможен перенос одного электрона с образованием радикала тропила $C_7H_7^{\cdot}$ и перенос двух электронов от металлич. К с образованием циклогептатриениланиона.

Ароматич. характер Т. проявляется в его высокой стабильности (энергия резонанса Т. 83,7 кДж/моль). В отличие от др. ароматич. соед., соли Т. не вступают в р-ции с электроф. реагентами.

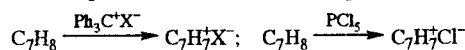
Под действием H_2O_2 тропилийбромид превращ. в бензол, при действии моногалогенкарбенов происходит обратная р-ция:



Т. образует π-комплексы с разл. металлами (Cr, Mo, Mn, Fe и др.), напр. $[C_7H_7Fe(CO)_3]^+BF_4^-$.

Описаны соединения Т., содержащие 2 или 3 иона Т.

Препаративные методы синтеза солей Т. основаны на отщеплении гидрид-иона от циклогептатриена, напр.:

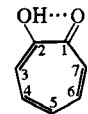


Впервые соль Т. получена У. Дёрингом и Л. Ноксом в 1954 бромированием циклогептатриена с послед. отщеплением HBr.

Лит.: Вольпин М.Е., «Успехи химии», 1960, т. 29, в. 3, с. 298–363; Нозов Г., в кн.: Небензидные ароматические соединения, пер. с англ., М., 1963, с. 336–41; Губин С.П., Голоуни А.В., Дзены и их п-комплексы, Новосиб., 1983, с. 33–134. И. С. Ахрем.

ТРОПОЛОНЫ (2-гидрокситропоны), семичленные сопряженные циклич. гидроксикетоны; относятся к небензоидным ароматич. соединениям.

Простейший Т. – 2-гидроксикиклогепта-2,4,6-триен-1-он (ф-ла I), бесцв. иголы; т. пл. 50–51 °С; легко возгоняется; μ 12,37·10⁻³⁰ Кл·м; раств. в воде и орг. р-рителях; ρ_K 6,92.

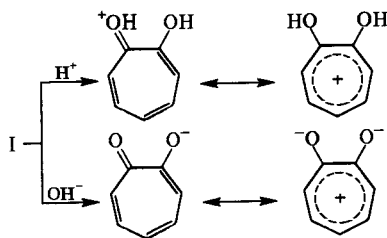


I

Ядро трополона – правильный семиугольник, длины связей (нм) 0,14 (C–C), 0,125 (C=O), 0,134 (C–O), что свидетельствует об асимметрии молекулы.

Трополоновое кольцо присутствует в нек-рых природных соед., напр. в колхицине, выделенном из безвременника осеннего *Colchicum autumnale*; в древесине кедра содержатся терпеновые Т. (3-, 4- и 5-изопропилтретролоны, туягиллины); метаболитами разл. видов плесени являются 2,6-дигидрокситропон-4-карбоновая (стигматовая) к-та и 2,6,7-тригидрокситропон-3-карбоновая (пуберуловая) к-та.

Хим. св-ва Т. определяются наличием системы сопряженных связей и внутримолекул. водородной связи. Т. протонируются сильными к-тами; с основаниями, подобно фенолам, образуют анионы:

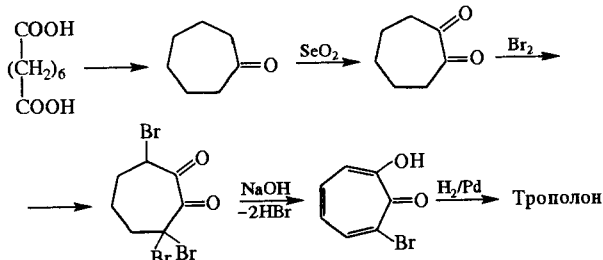


С конц. HCl и пикриновой к-той Т. дают оксониевые соли, с солями металлов со степенями окисления 2 и 3 – комплексные соед.; медный комплекс используют для выделения Т.

Восстановление Т. протекает с трудом; окисление в жестких условиях (KMnO₄, CrO₃) приводит к расщеплению кольца, что используют для установления строения природных Т.

Т. проявляют ароматич. характер, т.е. при формальной ненасыщенности часто не обнаруживают ее в своих р-циях. Подобно фенолам, вступают в р-ции электроф. замещения: галогенирование, нитрование, нитрозирование, амино- и гидроксиметилирование, р-ция Раймера – Тимана, не дают обычных р-ций на карбонильную группу (не образуют гидразонов и семикарбазонов), трудно гидрируются. Вследствие электронодефицитности кольца Т. не удается провести р-ции Фриделя – Крафта и Гаттермана, перегруппировку Фриса. Т. не сульфатируются H₂SO₄ и SO₃ (сульфируются сульфаминовой к-той). В то же время Т. проявляют нек-рые св-ва ненасыщ. соединений, напр. вступают в диеновый синтез.

Получают трополон из пробковой к-ты по схеме:



Т. образуется также окислением тропиленда (циклогептатриена) KMnO₄; взаимодей. 1,2-диметоксисбензола с диазоуксусным эфиром, образующееся производное циклогептатриена бромнруют, омыляют и декарбоксилируют; циклизацией диэтилового эфира пимелиновой к-ты с послед. бромированием и каталитич. дебромированием.

Т. обладают антимитотич. (препятствуют делению клеток), бактериостатич. и фунгицидным действиям.

Лит.: По с о и П., Химия трополонов и трополонов, пер. с англ., М., 1956; Небензидные ароматические соединения, пер. с англ., М., 1963. И. С. Ахрем.

ТРУДНОГОРЮЧИЕ ВОЛОКНА, синтетич. и модифицир. прир. волокна и нити, не горящие в атм. воздухе; их воспламенение и горение возможно только в пламени др. горючих в-в или в атмосфере с высоким содержанием O₂.

Особенность Т. в. и материалов на их основе – невоспламеняемость при действии источников зажигания ограниченной мощности (зажженной спички, электрич. искры и т.п.) и локализация очага термозащиты.

Т. в. и нити получают на основе ароматич. (карбо- и гетероциклических), а также карбоцепных (галогеносодержащих) полимеров и сополимеров. Наим. горючестью обладают волокна из полностью ароматич. полимеров с имидными, бензимидазольными или др. азотсодержащими гетероциклами (волокна каптон, Р-84, тогилан, ВВВ, ВВ, лола, циклизированное полиакрилонитрильное и др.; см. *Термостойкие волокна*), а также поливинилхлоридные, поливинилиденхлоридные, фторуглеродные и углеродные волокна. К трудногорючим также относят огнезащищенные волокна, получаемые путем модификации мн. видов многотоннажных волокнообразующих прир. и синтетич. полимеров (целлюлозных, белковых, полиакриловых, полиамидных, полиэфирных и др.).

Снизить горючесть волокон на основе алифатич. полимеров и получить из них Т. в. и волокнистые материалы можно модификацией исходных волокнообразующих полимеров или введением антипиренов. Т-ра воспламенения Т. в. в зависимости от волокна колеблется в пределах 250–600 °С, т-ра самовоспламенения – в пределах 350–700 °С.

Важный показатель Т. в. и волокнистых материалов – их огнестойкость, т.е. сохранение функций. св-в при действии открытого пламени. Ограниченной огнестойкостью обладают только особо термостойкие трудногорючие волокна из гетероароматич. лестничных и углеродных полимеров. Эти виды неглавных волокон при действии открытого пламени сохраняют форму и определенный уровень мех. св-в. Галогенсодержащие волокна на основе алифатич. полимеров, а также многотоннажные огнезащищенные (обработанные антипиренами) волокна огнестойкостью не обладают.

Состав продуктов горения Т. в. определяется их элементарным составом, кол-вом поступающего в зону горения O₂. Основными среди них являются пары воды, CO₂. Азотсодержащие волокна образуют также оксиды азота, галогенсодержащие – галогеноводороды и др. соединения. При общем или местном недостатке O₂ в продуктах горения образуются СО, ненасыщ. соединения, альдегиды, кетоны, сажа. Азот- и хлорсодержащие волокна образуют в этом случае NH₃, HCN, HCl, C(O)Cl₂, нитрилы и др. соединения. Многие из них – токсичны.

Т. в. используют в разл. видах трудногорючих техн. материалов и изделий: спецодежде (напр., пожарных, рабочих горячих произ-в), защитных материалах, изделиях интерьера транспортных ср-в и обществ. помещений, фильтрующих материалах для высокотемпературных и искросодержащих технол. и отходящих газов, волокнистой теплоизоляции и др. Огнезащищенные трудногорючие волокнистые материалы на основе многотоннажных волокон используют для произ-ва постельного белья, детской одежды и одежды пожилых людей, изделий интерьера и др.

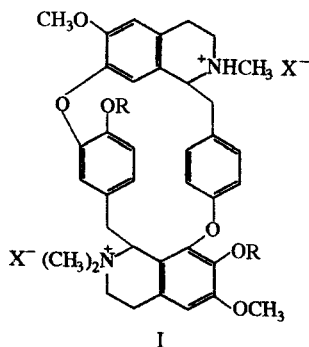
Лит.: Термо- жаростойкие и негорючие волокна, под ред. А.А. Конкина, М., 1978; Тюганова М.А., Мазов М.Ю., Копьев М.А., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1976, т. 21, № 1, с. 90–97; Тюганова М.А., Копьев М.А., Кочаров С.А., там же, 1981, т. 26, № 4, с. 61–68; Термостойкие огнезащищенные волокна и изделия из них, М., 1983; Методы определения и характеристики пожаровзрывоопасности волокнообра-

зующих полимеров, технологических растворов и волокон, М., 1988; Перепелкин К.Е., «Chemické vlakna», 1989, т. 39, № 3, с. 92–114; Perpelkin K.E., Muchin B.A., «Leinzinger Berichte», 1976, № 40, S. 46–66.

К.Е. Перепелкин.

(+)-ТУБОКУРАРИН (ф-ла I; R = H, X – анион), изохинолиновый алкалоид, содержащийся в хондодендроне войлочном (*Chondodendron tomentosum*) семейства мениспермовых (*Menispermaceae*). Впервые выделен в 1897 как действующее начало яда кураре. (+)-Тубокураринхлорид (в ф-ле I X = Cl), мол. м. 645,19, бесцв. кристаллы, т. пл. 274–275 °С (с разл.), $[\alpha]_D^{265}$ (в воде); хорошо раств. в воде. Получен иодид диметилтубокурарина (R = CH₃, X = I), т. пл. 267 °С (с разл.).

(+)-Тубокураринхлорид блокирует преим. холинореактивные системы скелетной мускулатуры. Малые дозы вызывают временное расслабление (релаксацию) скелетной мускулатуры. При потреблении больших доз происходит остановка дыхания. (+)-Т. применяют в анестезиологии в качестве миорелаксанта, вызывающего расслабление мускулатуры во время операции. Иодид диметилтубокурарина используют так же, однако он обладает более длит. действием. (+)-Т. имеет разл. товарные назв.: амелизол, курадетенсин, курарин, делакурарин и др.



I

Разработаны методы определения (+)-Т. в сырье и биол. объектах с помощью тонкослойной и высокоэффективной жидкостной хроматографии, спектрофотометрии, люминесцентного анализа.

Лит.: Машковский М.Д., Лекарственные средства, ч. 1, М., 1993, с. 287; Shamma M., The isoquinoline alkaloids, N. Y. – L., 1972, p. 122–23.

М.В. Тележенецкая.

ТУЛИЙ (от греч. Thulé – Туле, у античных географов – крайний северный предел мира; лат. Thulium) Tm, хим. элемент III гр. периодич. системы; относится к *редкоземельным элементам* (иттриевая подгруппа лантаноидов), ат. н. 69, ат. м. 168,9342. В природе один стабильный нуклид ^{169}Tm . Конфигурация внеш. электронных оболочек атома $4f^{13}5s^25p^66s^2$; степени окисления +3, +2, реже +4; энергии ионизации при последоват. переходе от Tm⁰ к Tm³⁺ соотв. 6,181, 12,05, 23,68, 42,69, 65,4 эВ; электроотрицательность по Полингу 1,0–1,2; атомный радиус 0,174 нм, ионные радиусы Tm³⁺ (в скобках указаны координац. числа) 0,102 нм (6), 0,113 нм (8), 0,119 нм (9), Tm²⁺ 0,117 нм (6), 0,123 нм (7).

Содержание в земной коре $2,7 \cdot 10^{-5}$ % по массе, в морской воде $1 \cdot 10^{-7}$ мг/л. Вместе с др. РЗЭ содержится в ксенотиме, эвксените, монаците, бастнезите, лопарите, ортите и нек-рых др. минералах.

Свойства. Т. – серебристо-белый металл, кристаллич. решетка гексагон. типа Mg, $a = 0,35375$ нм, $c = 0,55546$ нм, $z = 2$, пространств. группа $P6_3/mmc$; т. пл. 1545 °С, т. кип. 1947 °С; плотн. 9,318 г/см³; C_p 27,0 Дж/(моль·К); $\Delta H_{пл}^0$ 16,9 кДж/моль, $\Delta H_{исп}^0$ 191 кДж/моль, $\Delta H_{возг}^0$ 232 кДж/моль; S_{298}^0 74,0 Дж/(моль·К); давление пара 9,66 кПа (1545 °С); температурный коэф. линейного расширения $5,8 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹ (300 К); $\rho \cdot 10^{-7}$ Ом·м; антиферромагнетик ниже 58 К (точка Нееля); твердость по Бринеллю 471 МПа. Легко поддается мех. обработке.

На воздухе компактный Т. практически не окисляется, при нагр. во влажном воздухе слабо окисляется. С минер. к-тами

реагирует, давая Tm³⁺. Взаимод. с галогенами, халькогенами и N₂ при нагревании. В водных средах находится в виде производных Tm(III). Существуют разл. комплексные соед. Tm(III) с орг. и неорг. лигандами. В присут. сильных восстановителей (щелочные металлы) Tm³⁺ м. б. переведен в Tm²⁺; таким образом, напр., были получены TmX₂, где X = Cl, Br, I. Соед. Tm(II) легко гидролизуются водой, окисляются O₂ воздуха и водой. В халькогенидных системах Т. существует в виде Tm(III) и Tm(II).

Сесквиоксид Tm₂O₃ – бесцв. с зеленоватым оттенком кристаллы; существуют в двух модификациях: кубической ($a = 0,104866$ нм, пространств. группа Ia3, $z = 16$) и моноклинной ($a = 1,381$ нм, $b = 0,3447$ нм, $c = 0,8505$ нм, $\beta = 100,20^\circ$, $z = 6$, пространств. группа C2m), к-рая образуется при нагр. кубич. формы ок. 1000 °С и давления 4 МПа; т. пл. 2370 °С; C_p 116,7 Дж/(моль·К); $\Delta H_{исп}^0$ –1888,7 кДж/моль, $\Delta G_{исп}^0$ –1794,5 кДж/моль; S_{298}^0 139,6 Дж/(моль·К); получают при нагр. нитратов, сульфатов, оксалатов и др. соединений Т. на воздухе выше 800–900 °С; входит в состав разл. оксидных материалов, в т. ч. стекол, керамик (напр., со св-вами высокотемпературных сверхпроводников).

Трифторид TmF₃ – бесцв. кристаллы, плавленый – бледно-зеленого цвета; существует в двух модификациях: ромбической типа Fe₂C ($a = 0,6283$ нм, $b = 0,6811$ нм, $c = 0,4408$ нм, $z = 4$, пространств. группа R3m, плотн. 7,95 г/см³) и выше 1050 °С – гексагональной типа α -UO₃ ($a = 0,4059$ нм, $c = 0,4175$ нм, $z = 1$, пространств. группа C3m1, плотн. 6,30 г/см³); т. пл. 1158 °С; $\Delta H_{пл}^0$ 28,9 кДж/моль, $\Delta H_{исп}^0$ 425 кДж/моль, $\Delta H_{исп}^0$ –1695 кДж/моль; получают из р-ров солей Tm(III) осаждением фтористоводородной к-той, взаимод. Tm₂O₃ с F₂ при нагр.; применяют для металлотермич. получения металлического Т.

Трихлорид TmCl₃ – бледно-желтые кристаллы с моноклинной решеткой типа AlCl₃ ($a = 0,675$ нм, $b = 1,173$ нм, $c = 0,639$ нм, $\beta = 110,6^\circ$, $z = 4$, пространств. группа C2/m); т. пл. 828 °С, т. кип. 1487 °С; давление пара 20,7 Па (828 °С); $\Delta H_{исп}^0$ 187 кДж/моль, $\Delta H_{исп}^0$ 280 кДж/моль; образует гидраты; получают взаимод. смеси Cl₂ и CCl₄ с оксалатом Т. при нагр. выше 200 °С либо хлорированием Т.; используют для получения металлического Т. и его соединений.

Получение. При переработке концентратов РЗЭ Т. концентрируется с наиб. тяжелыми элементами – Yb и Lu. Разделение и очистку осуществляют экстракц. методом или ионообменной хроматографией с использованием комплексонов.

Металлический Т. получают термич. восстановлением TmF₃ кальцием или Tm₂O₃ лантаном.

Т. выпускают в небольших масштабах и в виде Tm₂O₃ используют как активатор люминофоров для мед. радиогр. (LaOBg – Тм, голубое свечение) и лазерных материалов (Er₂O₃ – Тм, CaWO₄ – Тм), а также для изготовления синтетич. гранатов. Искусств. радиоактивный нуклид ^{170}Tm ($T_{1/2}$ 128,6 сут) – источник β -излучения в портативных рентгеновских мед. установках.

Т. открыт в 1879 П. Клеве в виде оксида – тулиевой «земли».

Л. И. Мартыненко, С. Д. Моисеев, Ю. М. Киселев.

ТУМАНОУЛАВЛИВАНИЕ, выделение из газовых потоков со взвешенными в них жидкими частицами капель размером менее 10 мкм. Туманы образуются в результате конденсации паров (см. *Аэрозоли*), хим. взаимод. компонентов газовой смеси или при тонком измельчении жидкостей (см. *Диспергирование*). Т. осуществляют с целью извлечения из газов ценных в-в, обеспечения требуемой чистоты газов (см. также *Газовая очистка*) и для санитарной защиты атмосферы от загрязнений (см. также *Охрана природы*).

Для Т. используют: электрофилтры; высокоскоростные скрубберы Вентури, орошаемые уловленной жидкостью или водой; самоочищающиеся филтры с фильтровальной перегородкой из стеклянных, синтетич. либо металлич. волокон (см. *Фильтрование*); т. наз. демистры – сетки из вязанных металлич. или синтетич. материалов, уложенных в пакеты высотой 50–200 мм; филтры со слоями зернистых материалов (напр., керамическими и металлокерамическими).

По принципу действия туманоуловители аналогичны пылеуловителям (см. *Пылеулавливание*), но в отличие от них работают в режиме самоочистки, поскольку в результате коалесценции уловленных капель происходит непрерывное самопроизвольное удаление жидкости. При очистке туманов, образующихся при работе с р-рами солей, для предотвращения кристаллизации солей и зарастания фильтровальных перегородок осуществляют их орошение или в фильтр вводят водяной пар.

Волокнистые фильтры подразделяют на: 1) низкоскоростные с волокнами диаметром 5–20 мкм; улавливание частиц размером менее 1 мкм происходит в результате броуновской диффузии и эффекта зацепления, причем эффективность процесса увеличивается с уменьшением скорости фильтрования, размера частиц и диаметра волокон; 2) высокоскоростные с волокнами диаметром 20–100 мкм для выделения из газов частиц крупнее 1 мкм; эффективность процесса, к-рый основан на инерционном осаждении, возрастает с увеличением размера частиц и скорости фильтрования до определенной (критической) величины (обычно 1–2,5 м/с); при большей скорости начинается вторичный унос брызг уловленной жидкости из слоя в виде крупных капель; 3) многоступенчатые, состоящие из 2–3 фильтров первого и второго типа; на первой ступени процесс проводят при высоких входных концентрациях тумана и скоростях выше критической; при этом улавливаемые капли укрупняются либо производится разгрузка образовавшейся жидкости.

Фильтрующие элементы в фильтрах состоят из двух крупноячеистых сеток, между к-рыми расположен слой волокон толщиной от 0,5 до 0,15 м с пористостью 88–95%. Такие элементы представляют собой цилиндрич. патроны, снабженные фланцами и дренажной трубкой, или прямоугольные плоские либо складчатые кассеты (панели). Для обеспечения стока уловленной жидкости патроны устанавливают вертикально на трубных решетках, а кассеты встраивают (также вертикально) в многогранный каркас с конусным дном и дренажной трубкой. Для установок высокой производительности используют большое число фильтрующих элементов, к-рые размещают в верх. части аппаратов (напр., абсорберов) либо в отдельной выносной емкости. Сравнит. оценки туманоуловителей разл. типов приведены в таблице.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУМАНОУЛОВИТЕЛЕЙ

Тип	Скорость газа в активной зоне, м/с	Эффективность очистки (%) для частиц размером			Гидравлич. сопротивление, кПа
		до 1 мкм	1–3 мкм	3–10 мкм	
Электрофильтры	0,3–1,5	75–95	90–99	98–100	0,1–0,3
Скрубберы Вентури	50–150	90–97	95–100	98–100	5,0–20,0
Волокнистые фильтры					
низкоскоростные	0,01–0,1	92–99	96–100	100	0,5–5,0
высокоскоростные	1–10	50–85	85–97	95–100	1,5–8,0
Демистры	2,4–4,5	20–40	70–90	90–98	0,2–1,0

Т. применяют в произ-ве и при концентрировании к-т (напр., H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4), при сульфировании нефтепродуктов (напр., при получении сульфонолов), при переработке пластмасс с использованием пластификаторов (напр., в произ-ве линолеума, искусств. кожи, моющих обоев), при травлении и гальванопокрытии металлич. изделий, для очистки газов от частиц масел после компрессоров и вакуум-насосов, при термич. и мех. обработке металлич. изделий с применением смазочно-охлаждающих жидкостей, в произ-ве сверхчистых хим. реактивов и др. См. также *Каплеулавливание*.

Лит.: Справочник по пыле- и золоулавливанию, М., 1975; Очистка промышленных газов от пыли, М., 1981.

ТУНГОВОЕ МАСЛО (древесное масло), жидкость от светло-желтого до оранжевого цвета с неприятным запахом; мол. м. 281–294; т. заст. от –17 до –21 °С; d_4^{20} 0,940; n_D^{20} 1,500–1,524; η 216,2–220,5 мПа·с; число омыления 188–197, иодное число 154–176, родановое число 78–87, число Генера

95–97; раств. в орг. р-рителях (кроме метанола и этанола), не раств. в воде. Относится к высыхающим *растительным маслам*.

Представляет собой смесь глицеридов к-т состава: ненасыщ. к-ты – 71–83% α -элеостеариновой (*цис-9-транс-11-транс-13-октадекадариеновой*), 4–13% олеиновой и 9–11% линолевой к-т, насыщ. к-ты – 3–7% пальмитиновой, 1,2% стеариновой, 0,2–0,4% лауриновой к-т.

Выделяют Т. м. из семян и плодов тунга (масляного дерева) сердцевидного (*Aleurites cordata*) и тунга Форда (*Aleurites fordii*), содержащих 48–66% масла, прессованием измельченного сырья после влажной термич. обработки.

Т. м. токсично; применяют только в техн. целях. Благодаря высокой скорости высыхания образует прочную влагонепроницаемую пленку. Сырье в произ-ве алкидных смол, масляных лаков, пластификатор в резиновой пром-сти; используют в произ-ве линолеумов, клеенок.

Лит. см. при ст. *Растительные масла*.

В. Х. Паронян.

ТУННЕЛЬНАЯ СКАНИРУЮЩАЯ МИКРОСКОПИЯ, метод исследования структуры пов-сти твердых тел, позволяющий четко визуализировать на ней взаимное расположение отдельных атомов; основана на *туннельном эффекте*.

В туннельном сканирующем микроскопе система пьезокристаллов, управляемая компьютером, обеспечивает трехкоординатное перемещение металл. зонда на расстоянии порядка 0,1 нм от исследуемой пов-сти. Между ней и зондом прикладывают напряжение ок. 1 В и регистрируют возникающий туннельный ток. Компьютер управляет вертикальным перемещением зонда так, чтобы ток поддерживался на заданном постоянном уровне, и горизонтальными перемещениями по осям x и y (сканированием). Воспроизводимое на дисплее семейство кривых, отвечающих перемещениям зонда, является изображением эквипотенциальной пов-сти, поэтому атомы изображаются полусферами разл. радиусов. Достоинства метода: сверхвысокое разрешение (атомного порядка, 10^{-2} нм); возможность размещать образец не в вакууме (как в электронных микроскопах), а в обычной воздушной среде при атм. давлении, в атмосфере инертного газа и даже в жидкости, что особенно важно для изучения гелеобразных и макромолекулярных структур (белков, ДНК, РНК, вирусов) в нативном состоянии.

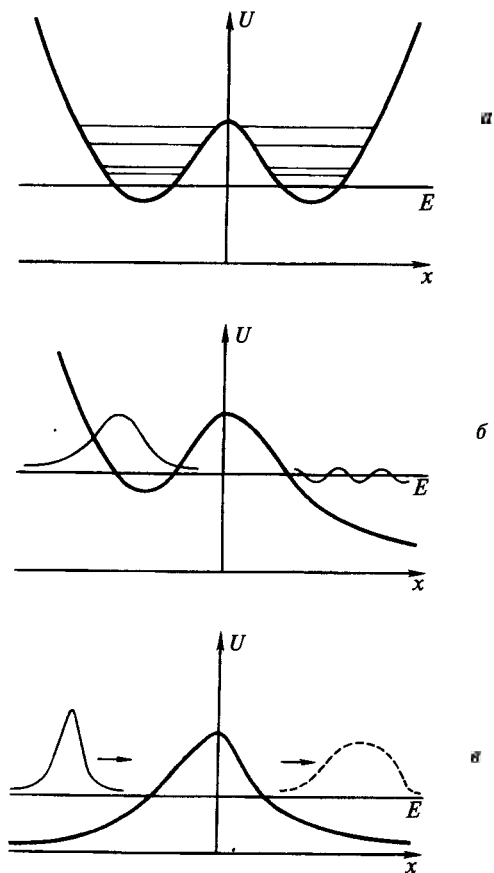
По принципу синтеза изображений (с помощью электронных сканирующих систем) и диапазону объектов анализа данный метод тесно смыкается с *электронной микроскопией*.

Лит.: «Nature», 1990, v. 346, № 6281, 19 July, p. 294–96.

А. Г. Богданов.

ТУННЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ, квантовый эффект, состоящий в проникновении квантовой частицы сквозь область пространства, в к-рой согласно законам классич. физики нахождение частицы запрещено. Классич. частица, обладающая полной энергией E и находящаяся в потенц. поле, может пребывать лишь в тех областях пространства, в к-рых ее полная энергия не превышает потенц. энергию U взаимодействия с полем. Поскольку волновая ф-ция квантовой частицы отлична от нуля во всем пространстве и вероятность нахождения частицы в определенной области пространства задается квадратом модуля волновой ф-ции, то и в запрещенных (с точки зрения классич. механики) областях волновая ф-ция отлична от нуля.

Т. э. удобно иллюстрировать на модельной задаче об одномерной частице в поле потенциала $U(x)$ (x – координата частицы). В случае симметричного двухямого потенциала (рис. а) волновая ф-ция должна «умещаться» внутри ям, т. е. она представляет собой стоячую волну. Дискретные энергетич. уровни, к-рые расположены ниже барьера, разделяющего минимумы потенциала, образуют близко расположенные (почти вырожденные) пары. Разность энергетич. уровней, составляющих пару, наз. туннельным расщеплением, эта разность обусловлена тем, что точное решение задачи (волновая ф-ция) для каждого из квантовых состояний делокализовано в обоих минимумах потенциала и все точные решения отвечают невырожденным уровням (см. *Вырожденные энергетических уровней*). Вероятность Т. э. определяется коэффициентом прохождения сквозь барьер волнового пакета,



Кривые потенц. энергии $U(x)$ частицы в случае, когда на нее действует сила притяжения (а – две потенц. ямы, б – одна потенц. яма), и в случае, когда на частицу действует сила отталкивания (отталкивательный потенциал, в). E – полная энергия частицы, x – координата. Тонкими линиями изображены волновые ф-ции.

к-рый описывает нестационарное состояние частицы, локализованной в одном из минимумов потенциала.

В потенц. поле с одним локальным минимумом (рис. б) для частицы с энергией E , большей потенциала взаимодействия при $x = \infty$, дискретные энергетич. состояния отсутствуют, но существует набор квазистационарных состояний, в к-рых велика относит. вероятность нахождения частицы вблизи минимума. Волновые пакеты, отвечающие таким квазистационарным состояниям, описывают метастабильные квантовые состояния; волновые пакеты распыляются и исчезают вследствие Т.э. Эти состояния характеризуются временем жизни (вероятностью распада) и шириной энергетич. уровня.

Для частицы в отталкивательном потенциале (рис. в) волновой пакет, описывающий нестационарное состояние по одну сторону от потенц. барьера, даже если энергия частицы в этом состоянии меньше высоты барьера, может с определенной вероятностью (наз. вероятностью проникновения или вероятностью туннелирования) проходить по др. сторону барьера.

Наиб. важные для химии проявления Т.э.: 1) туннельные расщепления дискретных колебат., вращат. и электронно-колебат. уровней. Расщепления колебат. уровней в молекулах с неск. эквивалентными равновесными ядерными конфигурациями – это инверсионное удвоение (в молекулах типа аммиака), расщепление уровней в молекулах с заторможенным внутр. вращением (этан, толуол) или в жестких молекулах, для к-рых допустимы внутримол. перегруппировки, приводящие к эквивалентным равновесным конфигурациям (напр.,

PF₅). Если разл. эквивалентные минимумы на поверхности потенциальной энергии оказываются разделенными потенц. барьерами (напр., равновесные конфигурации для право- и левовращающих изомеров сложных молекул), то адекватное описание реальных мол. систем достигается с помощью локализованных волновых пакетов. В этом случае пара деловых локализованных в двух минимумах стационарных состояний неустойчива: под действием очень малых возмущений возможно образование двух состояний, локализованных в том или ином минимуме.

Расщепление квазивырожденных групп вращат. состояний (т. наз. вращательных кластеров) также обусловлено туннелированием мол. системы между окрестностями неск. эквивалентных стационарных осей вращения. Расщепление электронно-колебат. (вибронных) состояний происходит в случае сильных Яна – Теллера эффектов. С туннельным расщеплением связано существование зон, образуемых электронными состояниями отдельных атомов или мол. фрагментов в твердых телах с периодич. структурой.

2) Явления переноса частиц и элементарных возбуждений. Данная совокупность явлений включает нестационарные процессы, описывающие переходы между дискретными состояниями и распад квазистационарных состояний. Переходы между дискретными состояниями с волновыми ф-циями, локализованными в разл. минимумах одного адиабатич. потенциала, соответствуют разнообразным хим. р-циям. Т.э. всегда вносит нек-рый вклад в скорость р-ции, однако этот вклад существен только при низких т-рах, когда надбарьерный переход из исходного состояния в конечное маловероятен из-за низкой заселенности соответствующих уровней энергии. Т.э. проявляется в неаррениусовском поведении скорости р-ции; характерный пример – рост цепи при радиационно-инициированной полимеризации твердого формальдегида. Скорость этого процесса при т-ре ок. 140 К удовлетворительно описывается законом Аррениуса с энергией активации 0,1 эВ. Однако при т-рах ≤ 12 К достигается скорость р-ции, к-рая не зависит от т-ры, определяется Т.э. и оказывается на много порядков выше скорости, к-рую можно было бы ожидать при той же т-ре в предположении справедливости надбарьерного механизма р-ции (см. Криохимия).

Распад метастабильных состояний лежит в основе целого ряда явлений. К ним относятся, в частности, α -распад (см. Радиоактивность), колебат. и вращат. преддиссоциация, автоионизация атомов в сильном электрич. поле, ионизация атомов и молекул в сильном электромагн. поле. Туннельное прохождение электронов из одного проводника (или полупроводника) в другой через слой изолятора (туннельный ток) является макроскопич. эффектом, обусловленным Т.э. Это явление лежит в основе туннельной сканирующей микроскопии твердых тел.

Лит.: Гольданский В.И., Трахтенберг Л.И., Флеров В.П., Туннельные явления в химической физике, М., 1986; Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Квантовая механика. Нерелятивистская теория, 4 изд., М., 1989. Б.И. Жилинский.

ТУРБИДИМЕТРИЯ, см. Нефелометрия и турбидиметрия. **ТУРБИННЫЕ МАСЛА**, нефтяные и синтетич. масла вязкостью 10–60 мм²/с (при 50 °С), предназначенные для смазывания и охлаждения узлов трения турбин, турбоагрегатов, турбонасосов, турбокомпрессорных машин, турбовоздуходувов и связанных с ними редукторов; м. б. использованы также в системах регулирования турбоагрегатов и др.

Т.м. должны обладать хорошей стабильностью против окисления при рабочих т-рах 60–100 °С и выше; при длит. эксплуатации (в течение 20–30 тыс. ч) сохранять высокую физ. стабильность; не допускать образования отложений на трущихся деталях; не образовывать стойких эмульсий при обводнении; не пениться во время циркуляции; быть нейтральными по отношению к черным и цветным металлам и неметаллич. материалам.

Т.м. готовят из нефтяных дистиллятов, подвергнувших глубокой очистке, с добавлением в нек-рых случаях

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТИПИЧНЫХ ТУРБУННЫХ МАСЕЛ

Состав	Кинематич. вязкость (при 50 °C), мм²/с	Т. заст., °C	Т. всп., °C	Кислотное число	Область использования
Дистилляты из малосернистых парафинистых (селективной очистки) или беспарафинистых (контактной очистки) нефтей	20–23	180–190	– 15	0,1–0,35	Паровые турбины с частотой вращения более 3000 с⁻¹
Дистилляты из сернистых парафинистых (селективной очистки) или малосернистых (контактной очистки) нефтей; могут содержать комплекс присадок	28–32	180–190	– 10	0,3–0,60	То же с частотой вращения 2000–3000 с⁻¹; гидротурбины
Синтетич. продукты на основе хлорир. триалкилфосфатов	20–35	220–240	От – 25 до – 35	—	Высокооборотные стационарные паровые турбины
Дистилляты из сернистых парафинистых (селективной очистки) или малосернистых (контактной очистки) нефтей; могут содержать комплекс присадок	44–48	190–200	– 10	0,3–0,7	Судовые турбобузычатые агрегаты; пром. механизмы с редукторами
Дистилляты из малосернистых беспарафинистых нефтей контактной очистки	55–60	190–200	– 10	—	Судовые турбины паровые с редукторами привода главного вала
Дистилляты из малосернистых нефтей контактной очистки с противозадирной и антиокислит. присадками	7–10	150–170	– 45	0,6–0,7 (при 170 °C; 10 ч)	Судовые турбины газовые

антиокислит., противокоррозионных, деэмульгирующих, противозадирных и противопожарных присадок. В качестве синтетич. масел чаще всего используют триарилфосфаты в чистом виде либо хлорированные. Некоторые характеристики Т.м. приведены в таблице. Мировое произ-во ок. 750 тыс. т/год (1988).

Лит.: Товарные нефтепродукты: свойства и применение. Справочник, под ред. В.М. Школьников, 2 изд., М., 1978, с. 215–21; Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашин В.Л., Химмотология, М., 1986, с. 265–66.

А. В. Виленкин.

ТУРБУЛЕНТНАЯ ДИФФУЗИЯ, перенос в-ва в пространстве, обусловленный турбулентным движением среды. Под турбулентным понимают вихревое движение жидкости или газа, при котором элементы (частицы) среды совершают неупорядоченные, хаотич. движения по сложным траекториям, а скорость, т-ра, давление и плотность среды испытывают хаотич. флуктуации.

Если в турбулентном потоке в определенный момент времени множество элементов (частиц) расположено рядом один с другим, то в послед. моменты времени они рассеиваются по пространству так, что статистич. расстояние между любыми двумя произвольными частицами с течением времени возрастает. Проявления этого процесса во многом напоминают мол. диффузию.

В основе описания Т.д. как процесса случайного блуждания частиц среды лежат выражения для среднеквадратичного смещения частиц \bar{y}^2 от некоего исходного положения через интервал времени t , сходные с выражениями для мол. диффузии. В случае больших времен процесса рассеяния, когда м.б. использован закон Фика, справедливо равенство:

$$\bar{y}^2 = 2D_t t, \quad (1)$$

где $t \geq 10 T$; $T = \int_0^\infty R dt$ – лагранжев временной масштаб (с) в

направлении переноса; параметр $D_t = v^2 T$ – коэффициент диффузии Т.д. (мг. выражение и физ. смысл см. ниже). Лагранжев коэф. корреляции между пульсациями скорости v (м/с) одного и того же элемента (частицы) среды в разные моменты времени t и $t + \Delta t$ составляет:

$$R = \frac{v_t v_{t+\Delta t}}{\sqrt{v_t^2} \sqrt{v_{t+\Delta t}^2}}.$$

Поскольку Т.д. и мол. диффузия независимы, общее смещение частицы будет определяться суммой:

$$\bar{y}_{\text{общ}}^2 = \bar{y}_t^2 + \bar{y}_{\text{мол}}^2, \quad (2)$$

а общий (виртуальный) коэф. диффузии $D_t = D_t + D$, где D – коэф. мол. диффузии.

Хаотич. пульсат. движение жидкости (газа), обуславливающее турбулентный поток в-ва, возникает при высоких чис-

лах Рейнольдса (см. *Подобия теория*). Наличие градиентов осредненной скорости течения (см. ниже) приводит к заметному ускорению рассеяния частиц в-ва по направлению турбулентного потока. Его плотность выражают в виде вектора:

$$j_r = \langle u'c' \rangle, \quad (3)$$

где u' , c' – пульсат. составляющие соотв. вектора скорости движения среды и концентрации переносимого в-ва; $\langle \rangle$ – оператор осреднения ф-ции по времени в рассматриваемой точке пространства.

Т.д. протекает по-разному в зависимости от масштаба турбулентности. Перенос в-ва при маломасштабной турбулентности описывают по аналогии с мол. диффузией. При крупномасштабной турбулентности среднее квадратичное смещение частиц с течением времени быстро увеличивается, причем этот рост обусловлен преим. крупными вихрями.

Предполагают, что турбулентный перенос в-ва в рассматриваемый момент времени в произвольной точке пространства определяется градиентом осредненной концентрации, взятым в той же точке пространства и в тот же момент времени (гипотеза Буссинеска). Так, плотность турбулентного потока массы в направлении к.-л. из осей координат, напр. x , выражают в виде:

$$j_{r,x} = -D_t \frac{d\langle c \rangle}{dx}, \quad (4)$$

где $\langle c \rangle$ – средняя по времени концентрация переносимого в-ва в рассматриваемой точке пространства; знак «минус» указывает на уменьшение концентрации в направлении переноса.

Ур-ние (4) служит по существу определением коэф. пропорциональности D_t . Этот параметр связывает поток массы при турбулентном режиме течения среды с градиентом осредненной скорости движения. В настоящее время D_t не м.б. определен чисто теоретич. путем.

Используя соотношения, аналогичные законам вязкости Ньютона и теплопроводности Фурье (см. *Переноса процессы*), вводят коэф. турбулентной кинематич. вязкости ν_t и турбулентной температуропроводности a_t (м²/с). Последние в отличие от выраженных в тех же единицах измерения коэф. мол. диффузии D , температуропроводности a и кинематич. вязкости ν не являются физ.-хим. характеристиками и зависят от параметров осредненного движения среды, а также от положения рассматриваемого элемента ее объема в потоке.

Механизм турбулентного перемешивания в осн. одинаков для внутр. трения, тепло- и массопроводности. Различие состоит лишь в особых св-вах переносимой пульсат. течением субстанции: импульса (кол-ва движения), в-ва или теплоты. Согласно аналогии Рейнольдса, коэффициенты Т.д., кинематич. вязкости и температуропроводности равны друг другу: $D_t = \nu_t = a_t$. По аналогии с числами Прандтля ($Pr = \nu/a$) и

Шмидта ($Sc = \nu/D$) для мол. диффузии вводят понятие о соответствующих коэф. турбулентного переноса:

$$Pr_T = \nu_T; Sc_T = \nu_T D_T \quad (5)$$

При турбулентном переносе вблизи твердых пов-стей величины Pr_T и Sc_T , на основании эксперим. данных, несколько отличаются от единицы и обычно находятся в пределах 0,5–1,0. Сказанное свидетельствует о том, что мн. сведения относительно D_T в-в (или α_T) в первом приближении можно заимствовать из имеющейся в справочной литературе информации о ν_T .

Турбулентный перенос в-ва вдали от пов-стей, ограничивающих область движения потока, во много раз превышает мол. перенос (потому перемешивание среды часто осуществляют при турбулентном режиме течения). Так, для газов коэф. диффузии $D \sim 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, а средний D_T при движении потока, напр. в трубах, находится в пределах 10^{-4} – $10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$. Значения соотношения D/D_T остаются небольшими, напр.: при течении жидкостей составляют 10^{-6} – 10^{-4} . Однако вблизи границы раздела фаз турбулентность затухает $[(\overline{u'^2}/\overline{u'^2}_{\text{мгн}}) \rightarrow 0]$, и мол. диффузия становится преобладающей.

В общем случае выражение для плотности диффузионного потока в бинарной жидкой или газовой смеси с учетом мол. и турбулентного механизмов переноса записывают в виде:

$$j = -(D + D_T) \nabla c, \quad (6)$$

где ∇ – набл.-оператор (Гамильтона оператор).

Знание закономерностей Т. д. необходимо при описании хим.-технол. процессов, протекающих в потоках жидкости или газа, в т. ч. в дисперсных средах. Т. д. оказывает влияние на структуру потоков в аппаратах и вносит свой вклад в продольное и поперечное перемешивание в-ва. Чаще всего продольное перемешивание снижает движущую силу массообменных процессов и ухудшает их показатели.

Лит.: Мокин А. С., Яглом А. Я., Статистическая гидромеханика, ч. 1–2, М., 1967; Берд Р., Стюарт В., Лайфрут Е., Явления переноса, пер. с англ., М., 1974; Рейнольдс А. Дж., Турбулентные течения в инженерных приложениях, М., 1979. В. В. Дильман.

ТЯЖЕЛАЯ ВОДА, оксид дейтерия D_2O с кислородом прир. изотопного состава; мол. м. 20,02760; бесцв. жидкость без запаха и вкуса. Оксид водорода прир. изотопного состава с тяжелым изотопом ^{18}O наз. тяжелоокислородной водой, мол. м. 20,0157. Оксид протодейтерия HDO имеет мол. м. 19,02140. В смесях D_2O с H_2O с большой скоростью протекает изотопный обмен $H_2O + D_2O \rightleftharpoons 2HDO$ с константой равновесия K , близкой к 4,0 при 300–400 К. Поэтому дейтерий при малом содержании присутствует в воде почти целиком в форме HDO , а при высоком – в форме D_2O . Для газа D_2O $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –249,200 кДж/моль, HDO –245,270 кДж/моль; отношение значений $\Delta H_{\text{обр}}^0$ $D_2O_{\text{ж}}$ и $H_2O_{\text{ж}}$ 1,027 (ж – жидкость); для $D_2O_{\text{ж}}$ C_p^0 84,31 Дж/(моль·К), $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –294,60 кДж/моль, S_{298}^0 75,90 Дж/(моль·К); энергия разрыва связей (кДж/моль) при 298,15 К для $D_2O \rightarrow OD^+ + D^+ 508,276$; $HDO \rightarrow OH^+ + D^+ 506,184$ и $HDO \rightarrow OD^+ + H^+ 500,323$ (для H_2O 498,7 кДж/моль). Строение молекул D_2O такое же, как молекул H_2O , с очень малым различием в значениях длин связей и углов между ними. Для конденсир. состояния характерна водородная связь.

В поверхностных водах отношение $D/(H + D) = (1,32 - 1,51) \cdot 10^{-4}$, в прибрежной морской воде $D/(H + D) = (1,55 - 1,56) \cdot 10^{-4}$, по международному стандарту воды SMOW (Standard Marine Ordinary Water) $D/H = 1,5576 \cdot 10^{-4}$. Для прир. вод СНГ чаще всего характерны отрицат. отклонения от SMOW на $(1,0 - 1,5) \cdot 10^{-5}$, в отдельных случаях до $(6,0 - 6,7) \cdot 10^{-5}$, встречаются положит. отклонения до $2,0 \cdot 10^{-5}$. В условном пересчете на D_2O (в прир. воде дейтерий содержится в форме HDO) прир. содержание Т. в. в воде принимаются равным 0,0145 – 0,0146 мол. %.

Свойства. Для Т. в. т. кип. 101,44 °С, т. пл. 3,823 °С; $t_{\text{пл.}} 643,89 \text{ К}$, $p_{\text{пл.}} 21,66 \text{ МПа}$, критич. молярный объем 56,1 см³; $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 45,391 кДж/моль, $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 6,01 кДж/моль; плотн. при 20 °С 1,10539 г/см³, приведенная к воде d_4^{20} 1,10735, макс.

плотн. 1,10602 г/см³ при 11,24 °С; скорость звука в Т. в. 1386 м/с (20 °С); γ 67,8 мН/м (20 °С), для смесей $\gamma_{D_2O + H_2O}/\gamma_{H_2O} = 1 - 0,00501(d_{25}^{25} - 1)$. Отношение значений уд. C_p^0 теплопроводности λ и η D_2O и H_2O :

T, К	$C_p^0 D_2O / C_p^0 H_2O$	$\lambda_{D_2O} / \lambda_{H_2O}$	$\eta_{D_2O} / \eta_{H_2O}$
293,15	1,006	1,025	1,333
333,15	1,002	1,050	1,123
373,15	0,992	1,072	1,117

Для тяжелого льда C_p^0 при 270 К 44,128 Дж/(моль·К). Отношение значений η паров D_2O и H_2O в интервале 353–403 К в среднем равно 1,06. Коэф. самодиффузии при 318,15 К D_{D_2O} $2,979 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$. Коэф. диффузии изотопных форм воды:

T, К	D_{HDO} в H_2O , м ² /с	D_{HDO} в D_2O , м ² /с
298,15	$2,272 \cdot 10^{-9}$	$1,902 \cdot 10^{-9}$
318,15	$3,532 \cdot 10^{-9}$	$3,027 \cdot 10^{-9}$

Кристаллы D_2O имеют такую же структуру, как и кристаллы обычного льда, различие в размерах элементарной ячейки очень мало (0,1%). Изменение объема при плавлении тяжелого льда 1,57 см³/моль (0,97 значения изменения объема для H_2O). Молярный объем твердой D_2O при 273,15 К $\sim 19,670 \text{ см}^3$. См. также табл. 1, 2.

Табл. 1. – СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОЙ ВОДЫ И ЕЕ НАСЫЩЕННОГО ПАРА

T, К	Давление, кПа	Уд. объем, см ³ /г		$\Delta H_{\text{исп.}}$ кДж/кг
		жидкость	пар	
293,15	2,01	0,0009047	60,45	2281,4
313,15	6,59	0,0009091	19,66	2230,7
333,15	18,3	0,0009170	7,517	2180,7
353,15	46,4	0,0009274	3,273	2128,2
373,15	96,4	0,0009403	1,582	2074,1
393,15	191,1	0,0009556	0,8326	2017,6

Табл. 2. – ПОЛОЖЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОЛОС ПОГЛОЩЕНИЯ В ИК СПЕКТРЕ, см⁻¹

Характер колебаний	HDO		D ₂ O	
	пар	жидкость	пар	жидкость
Симметричные валентные	2724	2500	2672	2389
Антисимметричные валентные	3708	3400	2788	2550
Деформационные	—	—	1179	1208

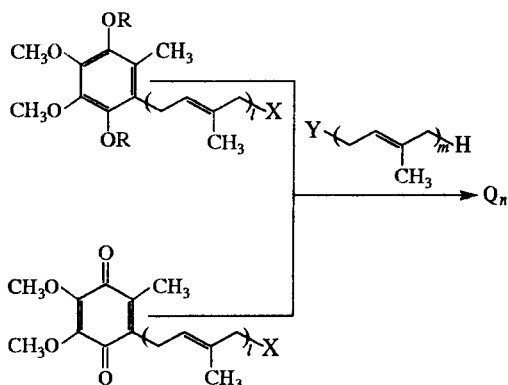
Т. в. менее летуча, чем H_2O . Отношение значений давления паров H_2O и D_2O в интервале 277–387 К: $\ln(p_{H_2O}^0/p_{D_2O}^0) = -70,87/T + 33630/T^2$. Это отношение с ростом т-ры уменьшается до 1 при 498 К, при т-рах выше 498 К D_2O становится более летучей, чем H_2O . Давление пара HDO $p_{HDO}^0 = \sqrt{p_{H_2O}^0 p_{D_2O}^0}$. При постоянной т-ре коэф. разделения жидкость – пар для смеси $H_2O + D_2O$ $\alpha = \sqrt{p_{H_2O}^0/p_{D_2O}^0}$ и не зависит от соотношения D/H ; $\alpha = 1,026$ (373 К), 1,053 (323 К). Смесей $H_2O + D_2O$ практически ведут себя как идеальные р-ры.

Отношение значений давления паров D_2O и H_2O над твердой фазой в интервале 243–273 К $\lg(p_{D_2O}^0/p_{H_2O}^0) = 0,0376 - 35,65/T$. Давление пара Т. в. над кристаллогидратами солей на 10–20% ниже по сравнению с H_2O . Показатель преломления Т. в. n_D^{20} 1,328300, молярная рефракция R 3,679. Поляризуемость $1,45962 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3$ при 293,15 К и длине волны 589,3 нм.

Р-имость, а также растворяющая способность D_2O , как правило, ниже, чем у H_2O , хотя известны и обратные эффекты. Так, р-имость в D_2O ниже, чем в H_2O , у сулемы при 0 °С на 42%, $K_2Cr_2O_7$ при 5 °С на 33,5%, K_2SO_4 при 25 °С на 32

34

Второй подход к хим. синтезу У. состоит в наращивании по терминальному звену полипренильной цепи низшего прир. гомолога или синтетического У. в окисленной форме либо в виде диафира Q_nH_2 на недостающий пренильный фрагмент с помощью разл. р-ций С – С-сочетания:



$X = Cl, Br, C_6H_5SO_2, CH_3C_6H_4SO_2$; $Y = CH_3C_6H_4SO_2, C_6H_5SO_2, Br, Cl$;
 $R = Alk, Ac$; $l + m = n$

Для пром. целей У. целесообразно выделять из биомассы микроорганизмов (бактерии, дрожжи, грибы и др.); разработаны эффективные биотехнол. методы произ-ва Q_9 и Q_{10} .

Количественно У. определяют спектрофотометрически по различию абсорбции окисленной и восстановленной форм при 275 нм в р-ре этанола, методом высокоскоростной жидкостной хроматографии и др. методами; для идентификации гомологов У. используют тонкослойную хроматографию с обращенной фазой, ЯМР и масс-спектрометрию. В УФ спектре для У. характерно смещение максимума поглощения от 275 нм (этанол) к 290 нм при добавлении $NaBH_4$ и изменение уд. показателя поглощения приблизительно в 3 раза.

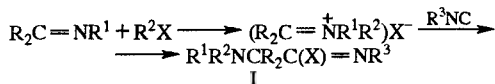
Препараты У. применяют для лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы (в т. ч. хронических), лечения детей с митральным пороком сердца, для уменьшения кардиотоксич. действия противоопухолевых антибиотиков и в качестве иммуномодулирующих ср-в.

Лит.: Обольникова Е. А., в кн.: Коферменты, под ред. В. А. Яковлева, М., 1973, с. 117–32; Коган Л. М., Обольникова Е. А., Самохвалов Г. И., «Хим.-фарм. журнал», 1983, т. 17, № 4, с. 410–20; Моисеев А. М. [и др.], «Изв. АН СССР. Сер. хим.», 1989, № 7, с. 1612–15; Coenzyme Q, ed. by G. Lenaz, Chichester, 1985; Biomedical and clinical aspects of coenzyme Q, ed. by K. Folkers, Y. Yamamura, v. 1–5, Amst., 1977–86.

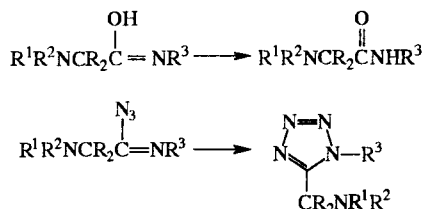
Е. А. Обольникова.

УГАРНЫЙ ГАЗ, то же, что *углерода оксид*.

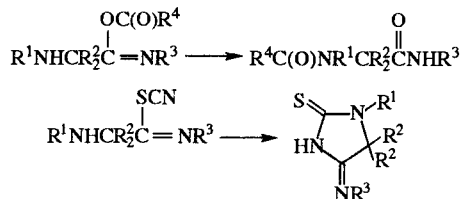
УГИ РЕАКЦИЯ, присоединение солей иммония к изонитрилам с дальнейшим превращением продукта присоединения (ф-ла I) в зависимости от характера группы X:



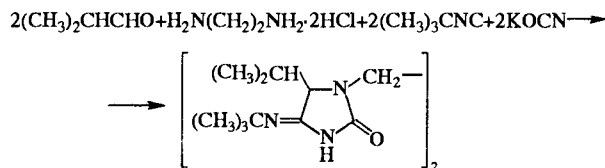
При $X = OH, SeH, S_2O_3$ и N_3 превращения соед. I осуществляются по схеме, напр.:



При $X = NCO, SCN, OC(O)Alk$ и $OC(O)OAlk$ происходят внутримол. превращения, затрагивающие аминогруппу, напр.:

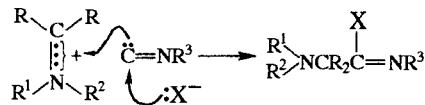


У. р. можно осуществлять постадийно или в одну стадию, добавляя в мягких условиях к трем исходным компонентам *Пассерини реакции* (изонитрилу, альдегиду или кетону и кислотной компоненте) четвертый – NH_3 или RNH_2 , напр.:

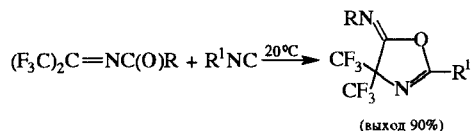


На практике в У. р. может вводиться и св. 4 компонентов. В качестве «кислотного» компонента в У. р. можно вводить карбоновые к-ты, аминокислоты, HN_3 , $HNCO$, H_2O и др. (с использованием N-замещенных аминокислот получают, в частности, пептиды). Выходы обычно хорошие.

Механизм У. р. мало изучен. Считают, что образование соед. I осуществляется по схеме:



Помимо солей иммония в У. р. вступают мн. электроф. соед. со связями $C=N$. Наиб. активные из них (ацилизоцианаты и ацилимины перфторкетон) реагируют с изонитрилами в отсутствие кислотного компонента, напр.:



У. р. широко используют в препаративной практике. Она открыта в 1960 И. Уги.

Лит.: Ugi I., Steinbrückner C., «Angew. Chem.», 1960, Bd 72, S. 267; Ugi I., «Newer Methods Prep. Org. Chem.», 1968, № 4, p. 1–36; его же, «Angew. Chem., Int. Engl. Ed.», 1982, № 21, p. 810. Г. И. Дрозд.

УГЛЕВОДОРОДЫ, орг. соед., молекулы к-рых состоят только из атомов С и Н. Различают алифатические, или ациклические, У. (см. *Алифатические соединения*), в молекулах к-рых углеродные атомы образуют линейные или разветвленные «открытые» цепи (напр., этан, изопрен), и циклические У., молекулы к-рых представляют собой циклы (кольца) из трех и более атомов углерода. Последние подразделяют на *алициклические соединения* (напр., циклогексан) и *ароматические соединения* (напр., бензол).

У. – важнейшие компоненты нефти, прир. газа, продуктов их переработки; широко используются как топливо, сырье для получения мн. хим. продуктов и др.

См. также *Ацетилен*, *Диеновые углеводороды*, *Насыщенные углеводороды*, *Нафты*.

А. А. Братков.

УГЛЕВОДЫ (сахара), обширная группа полигидроксикарбонильных соед., входящих в состав всех живых организмов; к У. относят также мн. производные, получаемые при хим. мо-

дификации этих соед. путем окисления, восстановления или введения разл. заместителей.

Термин «углеводы» возник потому, что первые известные представители У. по составу отвечали ф-ле $C_nH_{2n}O_n$ (углерод+вода); впоследствии были обнаружены природные У. с др. элементным составом.

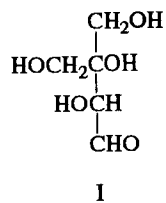
Классификация и распространение. У. принято делить на *моносахариды, олигосахариды и полисахариды*.

Моносахариды обычно представляют собой полигидроксинальдегиды (альдозы) или полигидроксикетоны (кетозы) с линейной цепью из 3–9 атомов С, каждый из к-рых (кроме карбонильного) связан с группой ОН. Простейший моносахарид, *глицериновый альдегид*, содержит один асим. атом С и известен в виде двух оптич. антиподов (D и L). Прочие моносахариды имеют неск. асим. атомов С; их рассматривают как производные D- или L-глицеринового альдегида и относят к D- или L-ряду в соответствии с абс. конфигурацией асим. атома С, наиб. удаленного от карбонильной группы. Различия между изомерными моносахаридами в каждом ряду обусловлены относит. конфигурацией остальных асим. центров.

Характерное св-во моносахаридов в р-рах – *мутаротация*, т. е. установление таутомерного равновесия между ациклич. альдегидо- или кетоформой, двумя пятичленными (фуранозными) и двумя шестичленными (пиранозными) полуцетальными формами. Две пиранозы (как и две фуранозы) отличаются друг от друга конфигурацией (α или β) нового асим. (аномерного) центра, возникающего из карбонильного атома С при циклизации.

Полуцетальный (гликозидный) гидроксил циклич. форм моносахаридов резко отличается от прочих групп ОН моносахарида значительно большей склонностью к р-циям нуклеоф. замещения. Такие р-ции приводят к образованию *гликозидов* (остаток нуклеофила в гликозиде – напр. спирта, меркаптана – носит назв. *агликон*). В тех случаях, когда агликоном служит др. молекула моносахарида, образуются олиго- и полисахариды. При этом каждый остаток моносахарида может в принципе иметь пиранозную или фуранозную форму, α - или β -конфигурацию гликозидного центра и быть связанным с любой из гидроксильных групп соседнего моносахарида. Поэтому число разл. по строению полимерных молекул, к-рые теоретически можно построить даже из остатков только одного моносахарида, представляет собой астрономич. величину.

К наиб. обычным и распространенным в природе моносахаридам относят D-глюкозу, D-галактозу, D-маннозу, D-фруктозу, D-ксилозу, L-арабинозу и D-рибозу. Из представителей др. классов моносахаридов часто встречаются: 1) *дезоксисахара*, в молекулах к-рых одна или неск. групп ОН заменены атомами Н (напр., L-рамноза, L-фукоза, 2-дезоксид-Д-рибоза); 2) *аминосахара*, где одна или неск. групп ОН заменены на аминогруппы (напр., 2-амино-2-дезоксид-Д-глюкоза, или D-глюкозамин); 3) многоатомные спирты (полиолы, альдиты), образующиеся при восстановлении карбонильной группы моносахаридов (D-сорбит из D-глюкозы, D-маннит из D-маннозы, и др.); 4) *уроновые кислоты* – альдозы, у к-рых группа CH_2OH окислена в карбоксильную (напр., D-глюкуроновая к-та); 5) разветвленные сахара, содержащие нелинейную цепь углеродных атомов (напр., апиоза, или 3-С-гидроксиметил-D-глицеро-тетроза; ф-ла I); 6) высшие сахара с длиной цепи более шести атомов С (напр., D-седоге-птулоза и сиаловые к-ты; ф-лы см. соотв. в статьях *Пентозо-фосфатный цикл* и *Моносахариды*).



За исключением D-глюкозы и D-фруктозы своб. моносахариды встречаются в природе редко. Обычно они входят в состав разнообразных гликозидов, олиго- и полисахаридов и м. б. получены из них после кислотного гидролиза. Разработаны многочисл. методы хим. синтеза редких моносахаридов исходя из более доступных.

Олигосахариды содержат в своем составе от 2 до 10–20 моносахаридных остатков, связанных гликозидными связями. Наиб. распространены дисахариды, выполняющие ф-цию запасных в-в: *сахароза* в растениях, *трегалоза* в насекомых и грибах, *лактоза* в молоке млекопитающих. Известны многочисл. гликозиды олигосахаридов, к к-рым относят разл. физиологически активные в-ва, напр. *гликозиды сердечные*, нек-рые *сапонины* (в растениях), мн. *антибиотики* (в грибах и бактериях), *гликолитиды*.

Полисахариды – высокомолекулярные, линейные или разветвленные молекулы к-рых построены из остатков моносахаридов, связанных гликозидными связями. В состав полисахаридов могут входить также заместители неуглеводной природы (остатки алифатич. к-т, фосфат, сульфат). В свою очередь цепи высших олигосахаридов и полисахаридов могут присоединяться к полипептидным цепям с образованием *гликопротеинов*.

Особую группу составляют биополимеры, в молекулах к-рых остатки полиолов, гликозиполиолов, нуклеозидов или моно- и олигосахаридов соединены не гликозидными, а фосфодиэфирными связями. К этой группе относят *теиховые кислоты* бактерий, компоненты клеточных стенок нек-рых дрожжей, а также *нуклеиновые кислоты*, в основе к-рых лежит поли-D-рибозофосфатная (РНК) или поли-2-дезоксид-Д-рибозофосфатная (ДНК) цепь.

Физико-химические свойства. Обилие полярных функц. групп в молекулах моносахаридов приводит к тому, что эти в-ва легко раств. в воде и не раств. в малополярных орг. р-рителях. Способность к таутомерным превращениям обычно затрудняет кристаллизацию моно- и олигосахаридов, однако если такие превращения невозможны (напр., как в гликозидах и невосстанавливающих олигосахаридах типа сахарозы), то в-ва кристаллизуются легко. Мн. гликозиды с малополярными агликонами (напр., сапонины) проявляют св-ва ПАВ.

Полисахариды – гидрофильные полимеры, мн. из них образуют высоковязкие водные р-ры (растят, гиалуроновая к-та; ф-лу последней см. в ст. *Мукополисахариды*), а в ряде случаев (в результате своеобразной межмолекулярной ассоциации) – прочные гели (*агар*, *альгиновые кислоты*, *карагинаны*, *пектины*). Нек-рые полисахариды образуют высокоупорядоченные надмолекулярные структуры, препятствующие гидратации отдельных молекул; такие полисахариды (напр., *хитин*, *целлюлоза*) не раств. в воде.

Биологическая роль. Ф-ции углеводов в живых организмах чрезвычайно многообразны. В растениях моносахариды являются первичными продуктами *фотосинтеза* и служат исходными соед. для биосинтеза гликозидов и полисахаридов, а также др. классов в-в (аминокислот, жирных к-т, фенолов и др.). Эти превращения осуществляются ферментами, субстратами для к-рых служат, как правило, богатые энергией фосфорилир. производные сахаров, гл. обр. нуклеозиддифосфата.

У. запасаются в растениях (в виде *крахмала*), животных, бактериях и грибах (в виде *гликогена*), где служат энергетич. резервом. Источником энергии являются р-ции расщепления глюкозы, образующейся из этих полисахаридов, по гликолитич. или окислит. пути (см. *Гликолиз*). В виде гликозидов в растениях и животных осуществляется транспорт разл. метаболитов. Полисахариды и более сложные углеводсодержащие полимеры выполняют в живых организмах опорные ф-ции. Жесткая клеточная стенка у высших растений представляет собой сложный комплекс из целлюлозы, *гемцеллюлоз* и пектинов. Армирующим полимером в клеточной стенке бактерий служат *пептидогликаны* (мурейны), а в клеточной стенке грибов и наружных покровах членистоногих – *хитин*. В организме животных опорные ф-ции выполняют *протеогликаны* соединит. ткани, углеводная часть молекул к-рых представлена сульфатир. мукополисахаридами. Эти в-ва участвуют в обеспечении специфич. физ.-хим. св-в таких тканей, как кости, хрящи, сухожилия, кожа. Будучи гидрофильными полианионами, эти полисахариды способствуют также поддержанию водного баланса и избират. ионной проница-

емости клеток. Аналогичные ф-ции в морских многоклеточных водорослях выполняют сульфатир, галактаны (красные водоросли) или более сложные сульфатир, гетерополисахариды (бурые и зеленые водоросли); в растущих и сочных тканях высших растений эту ф-цию выполняют пектины.

Особенно ответствен роль сложных У. в образовании клеточных пов-стей и мембран и придании им специфич. св-в. Так, гликолипиды – важнейшие компоненты мембран нервных клеток и оболочек эритроцитов, а *липолисахариды* – наружной оболочки грамотрицат. бактерий. У. клеточной пов-сти часто определяют специфичность иммунологич. р-ций (групповые в-ва крови, бактериальные антигены) и взаимод. клеток с вирусами. Углеводные структуры принимают участие и в др. высокоспецифич. явлениях клеточного взаимод., таких, как оплодотворение, узнавание клеток при тканевой дифференциации, отторжение чужеродных тканей и т. д.

Практическое использование. У. составляют главную часть пищ. рациона человека, в связи с чем широко используются в пищ. и кондитерской пром-сти (крахмал, сахароза и др.). Кроме того, в пищ. технологии применяют структурир. в-ва полисахаридной природы, не имеющие сами по себе пищ. ценности, – гелеобразователи, загустители, стабилизаторы суспензий и эмульсий (альгинаты, агар, пектины, растит. галактоманнаны и др.).

Превращения моносахаридов при спиртовом брожении лежат в основе процессов получения этанола, пивоварения, хлебопечения; др. виды брожения позволяют получать из сахаров биотехнол. методами глицерин, молочную, лимонную, глюконовую к-ты и мн. др. в-ва.

Глюкозу, аскорбиновую к-ту, углеводсодержащие антибиотки, *гепарин* широко применяют в медицине. Целлюлоза служит основой для получения вискозного волокна, бумаги, нек-рых пластмасс, ВВ и др. Сахарозу и растит. полисахариды рассматривают как перспективное возобновляемое сырье, способное в будущем заменить нефть в пром. орг. синтезе. Моносахариды используют в качестве доступных хиральных исходных соед. для синтеза сложных прир. в-в неуглеводной природы.

Лит.: Химия углеводов, М., 1967; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 11, М., 1986, с. 127–299. А. И. Усов.

УГЛЕГРАФИТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, техн. материалы на основе прир. или синтетич. *графита*. Характеризуются высокой жаростойкостью (до 3700 °С при давлении до 20 ГПа), высокой прочностью при повыш. т-рах, окислит. стойкостью на воздухе, в паро-воздушной и агрессивных неокислит. средах; нек-рые У. м. обладают также высоким (до 800 ГПа) модулем упругости.

К У. м. обычно относятся *кокс каменноугольный, кокс нефтяной*, разл. виды графита, стеклоуглерод, углерод-углеродные материалы, углеродные волокна, технический углерод (сажа).

Для получения большинства У. м. используют в-ва с большим содержанием углерода – кам.-уг. и нефтяные пеки, полиэфирные смолы, целлюлозу, полиакрилонитрил и др. Поскольку физ.-хим. св-ва У. м. зависят пл. обр. от степени упорядочения в объеме материала кристаллов графита, исходное соед. подвергают термич. обработке. На первом этапе после дробления орг. соед. подвергают термич. разложению при 500–1500 °С в инертной или восстановит. среде (стадия т. наз. карбонизации). Дальнейшая обработка при 2000–2800 °С приводит к образованию в материале гексагон. структуры графита (стадия графитации). Полученные таким образом заготовки У. м. содержат не менее 99% углерода и имеют плотн. 1,9–2,0 г/см³. Детали из них формуют прессованием, продавливанием через мундштук и др. способами. Нек-рые св-ва наиб. распространенных У. м. представлены в таблице.

Стеклоуглерод – твердый продукт карбонизации отвержденных терморезистивных смол (напр., феноло-формальд.), целлюлозы, ароматич. углеводородов и др. в-в, к-рые, минуя жидкую фазу, превращаются в карбонизованные продукты. Процесс осуществляют медленным нагревом в-в в восстановит. или инертной среде, иногда с введением наполнителей (напр., сажи). При т-ре выше т-ры графитации стеклоуглерод сохраняет мелкокристаллич. изотропную структуру, устойчив к диффузии неуглеродных примесей (напр., металлов). Изделия из него получают прессованием или литьем. Как особо чистый материал стеклоуглерод используют пл. обр. при изготовлении электродов для электрохим. произ-в, термостойкой хим. посуды для вакуумного испарения металлов, тиглей для выращивания монокристаллов полупроводников.

У. м. применяют в качестве конструкц., жаростойких (для оснастки и футеровки высокотемпературных электронагреват. печей) и фрикционных (в авиатехнике) материалов, для изготовления нагревателей, абсорберов, углепластиков и др.

Лит.: Финалков А. С., Формирование структуры и свойств углеграфитовых материалов, М., 1965; Веселовский В. С., Угольные и графитовые конструкционные материалы, М., 1966; Ядерный графит, М., 1967; Мармер Э. Н., Углеграфитовые материалы, М., 1973; Рогаялин М. И., Чалых Е. Ф., Справочник по углеграфитовым материалам, Л., 1974; Финалков А. С., Углеграфитовые материалы, М., 1979; Рекристаллизованный графит, М., 1979; Искусственный графит, М., 1986; Графитация и алмазообразование, М., 1991. С. А. Колесников.

УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ, то же, что *углерода диоксид*.

УГЛЕАКСЛЯНЫЕ СМЕСИ, горючие суспензии порошкообразного угля в нефтяном масле, нефти или мазуте. Перемешивание измельченного угля с ними осуществляется в смесителях с пропеллерными мешалками. Оптим. эксплуатаци. св-вами обладают У. с., содержащие 25–30% по массе угля со средним диаметром частиц 0,07–0,20 мм; при концентрации угля 20% вязкость смеси (при 20 °С) составляет 300–400, при 40% – 1000–1500 мм²/с. По реологич. св-вам У. с., содержа-

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ УГЛЕГРАФИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Показатель	Материал					
	Графит эрозионностойкий	Графит антифрикцион- ный	Графит рекристаллизова- нный	Графит сильноупрочненный	Пирографит	Стеклоуглерод
Кажущаяся плотн., г/см ³	1,90	1,80	2,20	2,50	2,20	1,49
Открытая пористость, %	5	10	1,0	0,5	0,5	0,1
Предельная прочность, МПа						
на растяжение	15	20	21	70	32	52
на сжатие	65	100	51	450	62	260
на изгиб	25	50	58	120	120	84
Теплопроводность (300 К), Вт/(м·К)						
перпендикулярно оси прессования	200	58	226	170	2,2*	7
параллельно оси прессования	130	—	75	—	330*	7
Температурный коэф. линейного расширения, К ⁻¹						
перпендикулярно оси прессования	5,9·10 ⁻⁶	4,6·10 ⁻⁶	2,0·10 ⁻⁶	4,2·10 ⁻⁶	25·10 ^{-6*}	4,4·10 ⁻⁶
параллельно оси прессования	6,2·10 ⁻⁶	5,3·10 ⁻⁶	10·10 ⁻⁶	—	1,7·10 ^{-6*}	4,4·10 ⁻⁶
Модуль Юнга, МПа	0,88·10 ⁴	1,3·10 ⁴	1,1·10 ⁴	12,7·10 ⁴	2,9·10 ⁴	3,2·10 ⁴

* Относительно пов-сти осаждения.

щие менее 40% угля, — ньютоновские жидкости, более 40% — неньютоновские. Для улучшения технол. св-в в У.с. вводят 0,15–1,0% ПАВ (напр., стеарат Na, гидроксиметил- или гидроксипропилцеллюлоза, поливиниловый спирт, полиакриламид); смеси с ПАВ сохраняют стабильность при хранении до 1,5–5,0 мес.

У.с. — один из видов топливных смесей (см. *Альтернативные топлива*), применяемых преим. в качестве котельных и печных топлив вместо мазута и угля на тепловых электростанциях и речном транспорте, в металлургии (для замены кокса, при выплавке чугуна), реже — топлив для малооборотных дизелей. У.с. хорошо транспортируются по трубопроводам, легко воспламеняются и распыляются топочными форсунками, имеют высокую теплоту сгорания; недостатки — высокотемпературная коррозия камер сгорания и износ узлов дизельных двигателей из-за высокой зольности углей.

Лит.: Шкалик В.П., Патриархальцев Н.Н., Применение традиционных топлив в дизелях, М., 1986; Терентьев Г.А., Тюков В.М., Смалъ Ф.В., Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов, М., 1989; Norman W., Coal-oil mixture technology, Ann Arbor, 1982.

В. Г. Спиркин.

УГЛЕПЛАСТИКИ (углепласты, углеродопласты), композиционные, гл. обр. полимерные, материалы, армированные наполнителями из *углеродных волокон*. Связующее (матрица) в У.— преим. термореактивные синтетич. смолы (эпоксидные, фенольные, полиэфирные, полиимидные и др.), термопласты (полиамиды, поликарбонаты, полисульфоны, полиэферы и др.). Наполнители — углеродные нити, жгуты, ленты, ткани, маты, короткие рубленые волокна. Материалы на основе углеродных волокон и углеродной матрицы наз. *углерод-углеродными материалами*.

Наиб. значение имеют У. на основе непрерывных высокопрочных и высокоэластичных (модуль упругости выше 150 ГПа) углеродных волокон. Они характеризуются низкой плотностью, высокой прочностью, высоким модулем упругости (см. табл.), статич. и динамич. выносливостью, вибропрочностью, повышенной хим. и радиац. стойкостью, теплопроводностью, практически нулевым коэф. линейного расширения.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ НЕПРЕРЫВНЫХ ВОЛОКОН И УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ

Показатель	Углепластики на основе эпоксидного и полиимидного связующих с ориентир. нитями, жгутами, лентами		Углерод-углеродные композиты с нитями, жгутами	
	однонаправленные*	перекрестные 1:1*	однонаправленные**	перекрестные 1:1*
Плотн., г/см ³	1,45–1,50	1,4–1,5	1,50–1,55	1,4–1,8
Прочность, МПа				
при растяжении	800–1700	500–900	2500–3000	200–700
при изгибе	1000–2000	800–1200	—	400–700
при сжатии	700–1200	500–800	1200–1600	100–300
Модуль упругости, ГПа	120–150	65–85	150–160	120–160

*Углеродное волокно прочностью 2800–3200 МПа, модуль упругости 220–250 ГПа. **Углеродное волокно прочностью 5700 МПа, модуль упругости 330 ГПа.

Для У. с ориентированным (однонаправленным, перекрестным или пространственно армированным) расположением высокоэластичных волокон коэф. теплопроводности 0,75–0,90 Вт/(м·К), коэф. температуропроводности $(5–8) \cdot 10^{-7}$ м²/с, уд. теплоемкость 0,8–1,5 кДж/(кг·К). Температурный коэф. линейного расширения однонаправленного У. вдоль волокон $(-0,5–0,5) \cdot 10^{-6}$ К⁻¹. Электропроводящие св-ва У. такие же, как и у исходных углеродных волокон.

Изделия из У. изготавливают теми же методами, что и *стеклопластики* (см. также *Полимерных материалов переработка*).

У.— конструкц. материалы в авиакосмич. технике, автомобилестроении, судостроении, машиностроении, мед. технике, при изготовлении спортивных товаров, протезов; углерод-уг-

леродные композиты — конструкц. и теплозащитные материалы в авиакосмич. технике, машиностроении, при изготовлении нагреват. элементов в электротехнике; в инертной среде работают при т-ре до 2500 °С.

Лит.: Кошкин А.А., Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы, М., 1974; Костиков В.И., Дергунов В.С., Композиционные материалы на основе углерода, М., 1978; Углеродные волокна и углекомпозиции, под ред. Э. Фитцера, пер. с англ., М., 1988; Справочник по композиционным материалам, под ред. Дж. Любина, пер. с англ., кн. 1–2, М., 1988.

В. Н. Токаев.

УГЛЕРОД (Carboneum) С, хим. элемент IV гр. периодич. системы, ат. н. 6, ат. м. 12,011. Природный У. состоит из двух стабильных изотопов ¹²С (98,892%) и ¹³С (1,08%). Сечение захвата тепловых нейтронов $3,5 \cdot 10^{-31}$ м². В атмосфере присутствует радиоактивный нуклид ¹⁴С (β-излучатель, T_{1/2} 5730 лет). Он постоянно образуется в ниж. слоях стратосферы в результате воздействия нейтронов космич. излучения на ядра азота по р-ции: ¹⁴N (n, p) ¹⁴С. Конфигурация внеш. электронн. оболочки атома У. 2s²2p²; степени окисления +4, —4, редко +2 (СО, карбонилы металлов), +3 (С₂N₂, галогениды); сродство к электрону 1,27 эВ; энергии ионизации при последоват. переходе от С⁰ к С⁴⁺ соотв. 11,26040, 24,383, 47,871 и 64,19 эВ; электроотрицательность по Полингу 2,5; атомный радиус 0,077 нм, ионный радиус С⁴⁺ (в скобках даны координат. числа) 0,029 нм (4), 0,030 нм (6).

Содержание У. в земной коре 0,48% по массе. Свободный У. находится в природе в виде *алмаза* и *графита*. Осн. масса У. встречается в виде *карбонатов природных космич.* (известняки и доломиты), горючих ископаемых — *антрацит* (94–97% С), *бурые угли* (64–80% С), *каменные угли* (76–95% С), *горючие сланцы* (56–78% С), *нефть* (82–87% С), *газы природные горючие* (до 99% СH₄), *торф* (53–62% С), а также *битумы* и др. В атмосфере и гидросфере У. находится в виде *углерода диоксида* СО₂, в воздухе 0,046% СО₂ по массе, в водах рек, морей и океанов в ~60 раз больше. У. входит в состав растений и животных (~18%). Кругооборот У. в природе включает биол. цикл, выделение СО₂ в атмосферу при сгорании ископаемого топлива, из вулканиз. газов, горячих минер. источников, из поверхностных слоев океанич. вод и др. Биол. цикл состоит в том, что У. в виде СО₂ поглощается из тропосферы растениями, затем из биосферы вновь возвращается в геосферу: с растениями У. попадает в организм животных и человека, а затем при гниении животных и растит. материалов — в почву и в виде СО₂ — в атмосферу.

В парообразном состоянии и в виде соед. с азотом и водородом У. обнаружен в атмосфере Солнца, планет, он найден в каменных и железных метеоритах.

Большинство соединений У., и прежде всего *углеводороды*, обладают ярко выраженным характером ковалентных соединений. Прочность простых, двойных и тройных связей атомов У. между собой, способность образовывать устойчивые цепи и циклы из атомов С обуславливают существование огромного числа углеродсодержащих соед., изучаемых *органической химией*.

Свойства. Основные и хорошо изученные кристаллич. модификации У.— алмаз и графит. При нормальных условиях термодинамически устойчив только графит, а алмаз и др. формы метастабильны. При атм. давлении и т-ре выше 1200 К алмаз начинает переходить в графит, выше 2100 К превращение совершается за секунды; ΔH⁰ перехода —1,898 кДж/моль. При нормальном давлении У. сублимируется при 3780 К. Жидкий У. существует только при определенном внеш. давлении. Тройные точки: графит — жидкость — пар T=4130 К, p=12 МПа; графит — жидкость — алмаз T=4100, p=12,5 ГПа. Прямой переход графита в алмаз происходит при 3000 К и давлении 11–12 ГПа.

При давлениях выше 60 ГПа предполагают образование весьма плотной модификации У. III (плотность на 15–20% выше плотности алмаза), имеющей металлич. проводимость. При высоких давлениях и относительно низких т-рах (ок. 1200 К) из высокоориентир. графита образуется гексагон. модификация У. с кристаллич. решеткой типа вюрцита — лонсдейлит (a=0,252 нм, c=0,412 нм, пространств.

группа $P6_3/mmc$), плотн. 3,51 г/см³, т. е. такая же, как у алмаза. Лонсдейлит найден также в метеоритах.

Кристаллич. модификация У. гексагон. сингонии с цепочечным строением молекул наз. **карбин**. Цепи имеют либо полииновое строение ($-C\equiv C-$), либо поликумуленовое ($=C=C=$). Известно неск. форм карбина, отличающихся числом атомов в элементарной ячейке, размерами ячеек и плотностью (2,68–3,30 г/см³). Карбин встречается в природе в виде минерала чаюита (белые прожилки и вкрапления в графите) и получен искусственно – окислит. дегидрополиконденсацией ацетилена, действием лазерного излучения на графит, из углеводородов или CCl_4 в низкотемпературной плазме.

В основе строения аморфного У. лежит разупорядоченная структура мелкокристаллич. (всегда содержит примеси) графита. Это кокс (см. *Кокс каменноугольный*, *Кокс нефтяной*, *Кокс нековый*), бурый и каменные угли, сажа (см. *Технический углерод*), активный уголь. У. известен также в виде кластерных частиц C_{60} и C_{70} (*фуллерены*).

При обычных т-рах У. химически инертен, при достаточно высоких соединяется со мн. элементами, проявляет сильные восстановит. св-ва. Хим. активность разных форм У. убывает в ряду: аморфный У., графит, алмаз, на воздухе они воспламеняются при т-рах соотв. выше 300–500 °C, 600–700 °C и 850–1000 °C. Продукты горения – *углерода оксид* CO и диоксид CO_2 . Известны также неустойчивый оксид C_3O_2 (т. пл. –111 °C, т. кип. 7 °C) и нек-рые др. оксиды. Графит и аморфный У. начинают реагировать с H_2 при 1200 °C, с F_2 – соотв. выше 900 °C и при комнатной т-ре. Графит с галогенами, щелочными металлами и др. в-вами образует соединения включения (см. *Графита соединения*). При пропускании электрич. разряда между угольными электродами в среде N_2 образуется *циан*, при высоких т-рах взаимодействием У. со смесью H_2 и N_2 получают *синильную кислоту*. С серой У. дает *сероуглерод* CS_2 , известны также CS и C_3S_2 . С большинством металлов, В и Si У. образует *карбиды*. Важна в пром-сти р-ция У. с водяным паром $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ (см. *Газификация твердых топлив*). При нагревании У. восстанавливает оксиды металлов до металлов, что широко используется в *металлургии*.

О применении У. см. вышеперечисл. статьи, а также см. *Углеродные материалы*, *Углеродные пластики* и др.

У. входит в состав атм. аэрозолей, в результате чего может изменяться региональный климат, уменьшаться кол-во солнечных дней. Частицы У. поглощают солнечное излучение, что может вызвать нагревание пов-сти Земли. У. поступает в окружающую среду в виде сажи в составе выхлопных газов автотранспорта, при сжигании угля на ТЭС, при открытых разработках угля, подземной его газификации, получении угольных концентратов и др. Концентрация У. над источниками горения 100–400 мкг/м³, крупными городами 2,4–15,9 мкг/м³, сельскими р-нами 0,5–0,8 мкг/м³. С газоаэрозольными выбросами АЭС в атмосферу поступает $(6-15) \cdot 10^9$ Бк/сут $^{14}CO_2$.

Высокое содержание У. в атм. аэрозолях ведет к повышению заболеваемости населения, особенно верх. дыхат. путей и легких. Проф. заболевания – в осн. антракоз и пылевой бронхит. В воздухе рабочей зоны ПДК, мг/м³: алмаз 8,0, антрацит и кокс 6,0, каменный уголь 10,0, технический У. и углеродная пыль 4,0; в атм. воздухе для сажи макс. разовая 0,15, среднесуточная 0,05 мг/м³.

Токсич. действие ^{14}C , вошедшего в состав молекул белков (особенно в ДНК и РНК), определяется радиац. воздействием β -частиц и ядер отдачи азота ($^{14}C \xrightarrow{\beta} ^{14}N$) и трансмутац. эффектом – изменением хим. состава молекулы в результате превращения атома С в атом N. Допустимая концентрация ^{14}C в воздухе рабочей зоны ДКА 1,3 Бк/л, в атм. воздухе ДКБ 4,4 Бк/л, в воде $3,0 \cdot 10^6$ Бк/л, предельно допустимое поступление через органы дыхания $3,2 \cdot 10^8$ Бк/год.

У. в виде древесного угля применялся в глубокой древности для выплавки металлов. Издавна известны алмаз и графит.

Элементарная природа У. установлена А. Лавуазье в кон. 1780-х гг.

Лит.: Химия гиперкоординированного углерода, пер. с англ., М., 1990; Kirk – Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 4, N. Y., 1978, p. 556–709.

Я. А. Калашников.

УГЛЕРОД ТЕХНИЧЕСКИЙ (сажа), продукт термич. разложения углеводородов. См. *Технический углерод*.

УГЛЕРОДА ДИОКСИД (углекислый газ, угольный ангидрид) CO_2 , мол. м. 44,01; бесцв. газ с кисловатым запахом и вкусом. Молекула CO_2 имеет линейную конфигурацию, длина связи $C-O$ в своб. молекуле 0,113 нм, в твердом У. д. 0,105 нм. Тройная точка: –56,6 °C, 0,52 МПа; $t_{кип}$ 31,3 °C, $P_{кип}$ 7,36 МПа; т. возг. –78,5 °C (0,1 МПа). Для газа: плотн. 1,9768 г/л (0 °C, 0,1 МПа); C_p^0 34,57 Дж/(моль·K); $\Delta H_{обр}^0$ –393,51 кДж/моль; S_{298}^0 213,67 Дж/(моль·K); η $1,39 \cdot 10^{-5}$ Па·с (0 °C, 1 МПа).

При 20 °C и давлении 5,7 МПа У. д. сжижается в бесцв. жидкость; плотн. 0,925 кг/дм³ (0 °C, 3,554 МПа); η $8,5 \cdot 10^{-5}$ Па·с (10 °C, 5,7 МПа); $\Delta H_{исп}^0$ 5,27 кДж/моль (6,34 МПа). При нормальном давлении и т-ре –78,5 °C У. д. кристаллизуется в белую снежоподобную массу; кристаллич. решетка кубич. гранецентрированная ($a = 0,563$ нм, $z = 4$, пространств. группа $Pa\bar{3}$); плотн. 1,56 г/см³ (–78,5 °C).

У. д. термически весьма устойчив; диссоциация $2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$ начинается ок. 1200 °C; при 2600 °C распадается ок. 50%, а при 2800 °C – ок. 75% CO_2 . Р-имость CO_2 в воде при нормальном давлении, мл в 100 мл: 171 (0 °C), 102 (15 °C), 66 (30 °C), 36 (60 °C). В коллоидных водных р-рах орг. в-в р-имость CO_2 значительно выше из-за его адсорбции на коллоидных частицах. Жидкий У. д. хорошо раств. в эфире и низших спиртах, но почти не растворяет к.-л. твердые в-ва. С водой У. д. образует *угольную кислоту*.

У. д. обладает св-вами кислотных оксидов, взаимодей. с оксидами и гидроксидами щелочных и щел.-зем. металлов, давая карбонаты. При высокой т-ре CO_2 окисляет сильно электроположн. металлы (K, Mg, Zn и др.), напр.: $2Mg + CO_2 \rightarrow 2MgO + C$. При пропускании CO_2 над раскаленным углем образуется *углерода оксид* (р-ция Будуара): $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO$, эта р-ция очень важна в металлургии. О р-циях с орг. в-вами см. *Карбоксилирование*.

В технике У. д. получают при горении углерода и орг. в-в, как побочный продукт при обжиге известняка (образующийся при этом CO_2 сильно загрязнен азотом), выделением из коксового газа, а также из дымовых газов обычных котельных установок. Пром. значение имеет также У. д., образующийся при спиртовом брожении. В нек-рых местностях для добычи CO_2 используют прир. источники газа и сильно минерализованные воды, пересыщенные У. д. В лабораториях У. д. получают разложением $CaCO_3$, $NaHCO_3$ или Na_2CO_3 соляной либо серной к-той. Для произ-ва жидкого У. д. используют газ с содержанием CO_2 выше 95%. После сжатия и охлаждения жидкий CO_2 разливают в стальные баллоны серого цвета. Твердый У. д. («сухой лед») получают частичным испарением жидкого CO_2 .

У. д. содержится в атмосфере (0,03% по объему), морской воде (ок. 90 г в 1 м³), водах минер. источников (особенно вблизи вулканов), литосфере в форме минералов – карбонатов (кальцит, доломит и др.). У. д. образуется при горении и гниении орг. в-в, сжигании топлива, при дыхании животных и человека, ассимилируется растениями, играя важную роль в *фотосинтезе*.

У. д. используют в пищ. пром-сти в произ-ве сахара, пива, газированных вод, шипучих вин, в медицине для приготовления углекислых ванн, для тушения пожаров, в качестве нагнетающего газа для перекачки огнеопасных жидкостей, для консервации пищ. продуктов (CO_2 не поддерживает жизнедеятельность бактерий и плесеней), обогащения воздуха в теплицах (способствует росту растений и повышению урожайности), как пропеллент в бытовой химии. Твердый У. д. –хладагент, к-рый дает больший охлаждающий эффект, чем водяной лед, испаряется без остатка и не вызывает коррозии оборудования. У. д. применяют для произ-ва мочевины

$[\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{H}_2\text{COONH}_4 \longrightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}]$, соды по методу Сольвея ($\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$), метанола ($\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$), гидроксикарбоновых к-т (напр., салициловой), для очистки рассолов NaCl .

При концентрации У.д. в воздухе 0,25–1% у человека изменяется ф-ция дыхания и кровообращения, при 2,5–5% наблюдается головная боль, раздражение верх. дыхат. путей и др., при 7% учащается сердцебиение, появляются рвота, головокружение и др. При высоких концентрациях У.д. в воздухе наступает смерть от остановки дыхания (при 20% через неск. секунд). Отравления У.д. возможны при очистке бродильных чанов и цистерн для хранения вина, винных бочек, на складах зерна, в овощехранилищах и силосных башнях, в погребах с гнилым и проросшим картофелем (вплоть до смертельного исхода), при очистке канализационных водопроводных труб, при работе с сухим льдом и др.

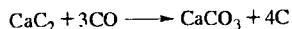
Я. А. Калашников.

УГЛЕРОДА ОКСИД (монооксид углерода, угарный газ) CO , мол.м. 28,01; газ без цвета и запаха. Связь в молекуле CO тройная, длина связи 0,113 нм, энергия диссоциации 1071,78 кДж/моль, μ $0,4 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Т.пл. $-205,02^\circ\text{C}$, т.кип. $-191,50^\circ\text{C}$; $t_{\text{крист.}}$ $-140,2^\circ\text{C}$, $P_{\text{крист.}}$ 3,48 МПа; плотн. $1,25 \text{ г/дм}^3$ (0°C); C_p^0 29,14 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{пл}}$ 0,8373 кДж/моль и $\Delta H_{\text{возг}}$ 7,3581 кДж/моль при $-205,02^\circ\text{C}$ и 0,015 МПа, $\Delta H_{\text{исп}}$ 6,0342 кДж/моль ($-191,50^\circ\text{C}$, 0,1 МПа), $\Delta H_{\text{обр}}$ $-110,53$ кДж/моль, $\Delta H_{\text{сгор}}$ $-283,0$ кДж/моль; S_{298}^0 197,55 Дж/(моль·К). Твердый CO кристаллизуется в кубич. решетке ($a = 0,563$ нм, $z = 4$, пространств. группа $P2_13$); ниже $-211,59^\circ\text{C}$ существует гексагон. модификация, ΔH перехода 631,6 Дж/моль. Р-имость в воде при 0,1 МПа, мл в 100 мл: 3,3 (0°C), 2,32 (20°C). Раств. в этаноле (20,4 мл в 100 мл при $0,25^\circ\text{C}$, 0,1 МПа), бензоле, CH_2Cl_2 , соляной и уксусной к-тах.

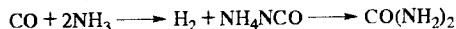
У.о. — несолообразующий оксид. При повыш. т-рах он реагирует с щелочами:



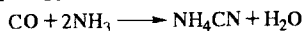
Однако в образующихся формиатах и CO природа хим. связи различна, и У.о. нельзя считать ангидридом HCOOH . Эту р-цию, а также р-ции



иногда применяют для удаления У.о. из техн. газов, напр. при получении чистого H_2 из синтез-газа. У.о. в присут. разл. катализаторов при повыш. т-ре реагирует с NH_3 , давая разные продукты. Так, в присут. Pt образуется цианат аммония NH_4NCO , изомеризующийся в мочевины:



В присут. дегидрирующих катализаторов получают NH_4CN :



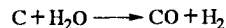
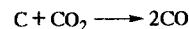
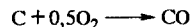
У.о. — сильный восстановитель. Восстановление оксидов металлов до металлов с помощью CO имеет большое значение в металлургии. У.о. склонен к р-циям присоединения. С Cl_2 (в присут. катализатора или под действием света) образует фосген COCl_2 , с S (при напр.) — COS , с металлами — карбонилы металлов $\text{M}_x(\text{CO})_y$. У.о. образует комплексные соед. с нек-рыми солями. Одни из них $[\text{OsCl}_2(\text{CO})_3]$, $[\text{PtCl}_2(\text{CO})]$ и др.] м.б. получены в твердом состоянии, другие $[\text{AgSO}_4(\text{CO})]$, $[\text{CuCl}(\text{CO})]$ и др.] устойчивы только в р-ре. В присут. катализаторов, содержащих Pd или Pt , У.о. полностью окисляется до CO_2 , что используется для удаления CO из выхлопных газов автомобилей.

Весьма разнообразны продукты взаимод. CO и H_2 , состав к-рых зависит от т-ры, давления и катализатора. Так м.б. синтезированы метан и др. углеводороды парафинового ряда (см. Фишера — Троппа синтез), спирты, альдегиды, кетоны, орг. к-ты. Особенно важно в пром-сти получение метанола:



См. также Гаттермана — Коха реакция, Гидроформилирование, Карбонилирование, Ренте реакции.

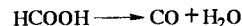
У.о. в составе горючих газов получают газификацией твердых топлив:



газификацией нефтяных остатков:



При использовании в качестве окислителя парокислородной смеси образуется синтез-газ. В лаборатории У.о. удобно получать дегидратацией HCOOH конц. H_2SO_4 или P_2O_5 :



У.о. — высококалорийное топливо, одно из осн. исходных в-в в орг. синтезе (при получении спиртов, альдегидов, кетонов, углеводородов, карбоновых к-т и др.), восстановитель в металлургии (напр., при выплавке чугуна и стали).

Естеств. уровень CO в атмосфере 0,01–0,9 мг/м³. В атмосферу CO попадает в составе вулканич. и болотных газов, в результате лесных и степных пожаров, выделения микроорганизмами, растениями, животными и человеком и др. Из поверхностных слоев океана в год выделяется $220 \cdot 10^6$ т CO в результате фоторазложения красных, синезеленых и др. водорослей, продуктов жизнедеятельности планктона. В результате деятельности человека в атмосферу ежегодно поступает $(350\text{--}600) \cdot 10^6$ т CO , более половины этого кол-ва (56–62%) приходится на долю автотранспорта, причём содержание CO в выхлопных газах может достигать 12%. Для их очистки от CO на автомобилях устанавливают катализаторы дожигания. У.о. выделяется в атмосферу в результате неисправности газопроводов и газопаратуры, неполного сгорания топлива, в металлургич. процессах (при выплавке 1 млн. т стали выбрасывается в атмосферу 320–400 т CO), в хим. пром-сти (установки крекинга, произ-во формалина, углеводородов, NH_3 и др.). Высокая концентрация CO в угольных шахтах, на углеподающих трассах; угольная пыль содержит 0,1–3,9% CO . В выхлопных газах дизельных двигателей тепловозов содержится 70–93 мг/м³ CO , морских судов — до 70–80 мг/м³, в значит. кол-ве CO содержится в выбросах самолетов.

У.о. — яд. Он соединяется с гемоглобином и миоглобином, нарушая тканевое дыхание и вызывая кислородное голодание тканей, особенно клеток центр. нервной системы. ПДК CO (мг/м³): в воздухе рабочей зоны — 20,0 в течение рабочего дня, 50,0 — 60 мин, 100,0 — 30 мин, 200,0 — 15 мин; в атм. воздухе макс. разовая 5,0, среднесуточная 3,0. КПВ в смеси с воздухом 12,5–74,2%; смесь $\text{CO}:\text{O}_2 = 2:1$ (по объему) взрывается при зажигании.

Хранят CO в баллонах красного цвета. Я. А. Калашников.

УГЛЕРОДА СУЛЬФОКСИД (сульфидоксид углерода, серооксид углерода, карбонилсульфид) COS , мол.м. 60,076; бесцв. газ со слабым запахом; молекула линейная, длина связи C—O 0,116 нм, C—S 0,156 нм, μ $2,40 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; т.пл. $-138,82^\circ\text{C}$, т.кип. $-50,24^\circ\text{C}$; плотн. $1,073 \text{ г/дм}^3$ (0°C), $1,24 \text{ г/см}^3$ (-87°C); C_p^0 41,5 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{исп}}$ 18,5 кДж/моль, $\Delta H_{\text{пл}}$ 4,73 кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}$ $-142,4$ кДж/моль; S_{298}^0 231,5 Дж/(моль·К); ур-ние температурной зависимости давления пара $\lg p$ (мм рт.ст.) = $-1003,9/T + 7,383$ ($193 < T < 223$). Твердый У.с. кристаллизуется в ромбоэдрич. решетке ($a = 0,408$ нм, $\alpha = 95,97^\circ$ при -196°C , $z = 1$, пространств. группа $R3m$). При нагревании У.с. разлагается до CO и S , диспропорционирует на CO_2 и CS_2 . Р-имость У.с. в 100 мл: в воде — 54, этаноле — 800. Хорошо раств. в CS_2 . У.с. легко воспламеняется, сгорая до CO_2 и SO_2 . Образует соли типа $\text{M}_2\text{CO}_2\text{S}$, M_2COS_2 .

У.с. получают взаимод. NH_4NCS с водным р-ром H_2SO_4 или CO с парами S при 350°C . У.с. используют в произ-ве

ускорителей вулканизации, фунгицидов, гербицидов, для получения тиокарбаминных к-т и их солей, а также для получения мочевины.

У. с. взрывоопасен и токсичен (поражает центр. нервную систему); ПДК в воздухе рабочей зоны $10,0 \text{ мг/м}^3$, в атм. воздухе $0,1 \text{ мг/м}^3$. КПВ 26,5 – 11,9% по объему. И. Н. Одиш.

УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА (УВ), волокна, получаемые термич. обработкой исходных хим. и прир. волокон (т. наз. прекурсов) и характеризующиеся высоким содержанием (до 99,5% по массе) углерода. Исходными служат волокна на основе гидратцеллюлозы, сополимеров акрилонитрила, нефтяных и кам.-уг. пеков. Возможно использование и др. исходных волокон, напр. поливинилхлоридных, поливинилспиртовых, полиоксасольных, фенол-формальд., но они не имеют пром. значения из-за сложной технологии получения, низкого качества и высокой стоимости УВ из них.

Получение УВ включает процессы формирования исходных волокон (см. *Формование химических волокон*), их подготовку, обработку и три стадии термич. обработки. В ходе подготовки обработки меняют хим. структуру волокон или вводят в них в-ва, регулирующие процесс пиролиза и обеспечивающие макс. выход кокса. Первая стадия термич. обработки – низкотемпературный пиролиз при т-ре до 400°C , когда удаляются низкомолекулярные продукты деструкции, образуются сшитые и циклич. структуры. При этом создают такие условия, чтобы возрастающая т-ра размягчения (плавления) волокон оставалась выше т-ры обработки и чтобы сохранялись ориентированное фибриллярное строение и форма волокна до его полного перехода в неплавкое состояние. Затем следуют две стадии высокотемпературной обработки – карбонизация (при $800\text{--}1500^\circ\text{C}$) и графитизация (при $1500\text{--}3000^\circ\text{C}$). В их ходе завершается пиролиз, сопровождающийся удалением водорода и гетероатомов в виде летучих соед., и происходит образование углеродного полимера с заданной степенью упорядоченности. Варьируя упорядоченность структуры исходных волокон и условия высокотемпературной обработки, можно регулировать степень ориентации и кристалличность УВ, а также их физ.-мех. св-ва.

Тогда как высокотемпературная обработка проводится во всех случаях практически одинаково, подготовка и низкотемпературная обработка существенно различаются для разных видов исходных волокон. Так, гидратцеллюлозные волокна пропитывают катализаторами, многие из к-рых являются антипиренами (фосфор- и азотсодержащие соед., соли переходных металлов, хлорсиланы и др.), и после сушки подвергают термич. обработке с медленным подъемом т-ры до 400°C . Полиакрилонитрильные волокна подвергают термоокислит. дегидратации и предварит. циклизации. Во избежание усадки их термообработку проводят на воздухе при т-ре $250\text{--}350^\circ\text{C}$ под натяжением.

Пеки подвергают термообработке в жидком состоянии при $350\text{--}400^\circ\text{C}$ с целью удаления низкомолекулярных фракций и повышения их мол. массы. Формование пековых волокон ведут из расплава, после чего их подвергают окислению при $250\text{--}350^\circ\text{C}$ для придания им неплавкости.

Карбонизацию и графитизацию всех видов волокон проводят в инертной среде под натяжением. Производя вытягивание, особенно на стадии графитизации, можно существенно повысить мех. св-ва (прочность, модуль упругости) УВ. В нек-рых случаях, напр. для получения волокон с заданными физ.-хим. св-вами, стадия графитизации исключается.

Вследствие высокой хрупкости готовые УВ перерабатываются с большим трудом. Поэтому текстильные материалы и изделия (ленты, шнуры, трикотаж, ткани, нетканые материалы и др.) сначала изготавливают из исходных волокон или нитей, а затем подвергают термообработке.

Хим. состав УВ зависит от условий их получения. С повышением т-ры термич. обработки содержание углерода увеличивается от 80 до 99,5%. Мол. структура УВ включает в осн. ароматич. конденсированные карбо- и гетерополициклич. фрагменты, а также углеродные цепи с двойными связями ($-\text{CH}=\text{CH}-$ или $-\text{C}=\text{C}-$). В УВ содержатся гетеро-

атомы N, O, Si, а на пов-сти имеются разл. функц. группы – гидроксильные, карбонильные, карбоксильные и др.

Т. наз. надмолекулярная структура УВ включает фибриллярные образования с чередованием аморфных и кристаллич. областей. Последние состоят из ленточных или плоскостных участков графитоподобной структуры. С увеличением т-ры и натяжения при высокотемпературной обработке степень ориентации и кристалличность УВ возрастают.

УВ характеризуются высокой пористостью; площадь внутр. пов-сти достигает $50\text{--}400 \text{ м}^2/\text{г}$. Форма поперечного сечения УВ такая же, как у исходных волокон, а его площадь при пиролизе и карбонизации существенно уменьшается и составляет обычно ок. $16\text{--}100 \text{ мкм}^2$. Поперечное сечение УВ на основе пеков при обработке меняется мало и достигает 900 нм^2 .

Все УВ можно подразделить на три вида: частично карбонизованные, угольные (карбонизованные) и графитированные, макс. т-ра термообработки к-рых соотв. ниже 500 , $500\text{--}1500$ и выше 1500°C , а содержание углерода соотв. меньше 90, 91–99 и выше 99% по массе. Иногда также выделяют неск. типов УВ в зависимости от их св-в (см. табл.).

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ УВ

Показатель	Волокна				
	Угольные низкомо- дульные	низкомо- дульные	среднемо- дульные	высокомо- дульные	высоко- прочные
Плотность, г/см^3	1,5–1,6	1,4–1,6	1,4–1,7	1,6–2,0	1,7–1,9
Модуль упругости, ГПа	30–40	40–60	70–180	300–500	200–300
Прочность на разрыв, ГПа	0,4–1,0	0,6–1,0	1,0–2,5	1,5–3,0	2,0–4,0
Относит. удлинение, %	2,0–2,5	1,5–2,0	1,2–1,5	0,5–0,6	1,0–1,3
Уд. объемное электр. сопротивление, $10^5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$	12–25	5–10	3–7	0,7–1,0	1–3

В лаб. условиях получены УВ со значениями модуля упругости и прочности соотв. $600\text{--}700$ и $6\text{--}8$ ГПа.

УВ являются полупроводниками; их электрич. проводимость обусловлена подвижностью π -электронов в системе сопряжения. В зависимости от условий получения уд. электрич. сопротивление УВ может варьировать от 10^5 до $10^{30} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, а при использовании легирующих добавок (бор, щелочные металлы) – от 10^5 до $10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

УВ мало гигроскопичны, но благодаря развитой пов-сти они сорбируют водяные пары (до влажности порядка $0,2\text{--}2\%$), не меняя при этом своих физ.-мех. св-в.

УВ обладают высокой атмосферостойкостью; устойчивостью к действию света и проникающей радиации, хим. стойкостью к мн. реагентам (конц. к-ты и щелочи, практически все р-рители). На них воздействуют лишь сильные окислители при нагревании. УВ биостойки и биоинертны, жаростойки и трудногорючи. В инертной среде их можно эксплуатировать длит. время при $400\text{--}600^\circ\text{C}$; они выдерживают кратковременное воздействие т-р от 800 до 2500°C . На воздухе т-ра эксплуатации не превышает $300\text{--}400^\circ\text{C}$. Кислородный индекс УВ в зависимости от условий получения составляет $35\text{--}60\%$.

Часто проводят физ. и хим. модификацию исходных волокон или УВ и углеволокнистых материалов. Для повышения термоокислит. устойчивости УВ и углеволокнистых материалов на их пов-сти образуют защитные слои или барьерные покрытия из карбидов кремния или тугоплавких металлов, нитрида бора, фосфатных стекол и др. в-в. Армирующие УВ и материалы на их основе подвергают поверхностной обработке – окислению или металлизации – с целью повышения адгезии к полимерам или металлам соответственно. Варьируя условия высокотемпературной обработки, вводя легирующие добавки или образуя проводящие слои (из карбидов металлов, ионогенных групп и сорбированных на них ионов металлов),

можно в широком диапазоне менять электр. проводимость, термоэдр. и др. электрофиз. св-ва УВ и углеволоконных материалов.

Высокотемпературной активацией в среде водяного пара или CO_2 при 600–1000 °С получают углеродные волокнистые адсорбенты (УВА) с предельным объемом сорбирующего пространства 0,3–0,9 см³/г и активной пов-стью 500–2000 м²/г. Обработкой УВА окислителями (нитраты), конц. р-рами к-т (HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4) и др. реагентами получают катионообменники со статич. обменной емкостью 4,5–5,5 мг-экв/г. Аминированием УВА (с предварит. хлорированием или без него) в парах аммиака или пиридина при нагр. получают анионообменники со статич. обменной емкостью 1,8–2,4 мг-экв/г. Ионообменники на основе УВ имеют высокую скорость ионного обмена и сохраняют обменные св-ва в течение мн. циклов сорбции и регенерации.

Введением в исходные волокна или УВА солей разл. металлов (Pt, Ir, Pd, Cr, V, Ag, Mn, Cu, Co, Ni, Fe и др.) и восстановлением последних при термич. обработке получают металлодержащие углеволоконные материалы с высокой каталитич. активностью.

УВ и углеволоконные материалы выпускают в виде волокон, нитей, жгутов, лент, шнуров, тканей, нетканых материалов, бумаги и др. Они имеют разл. названия: в СНГ – ЛУ, УКН, кулон, урал, углен, грален, эвлон, конкор, актилен, ваулен, ВМН; в США – торнел, целион, форгафил; в Великобритании – модмор, графил; в Японии – торейка, курехалон и т. д.

УВ применяют для армирования композиционных, теплозащитных, хемостойких и др. материалов в качестве наполнителей в разл. видах *углепластиков*. Из углеволоконных материалов изготавливают электроды, термопары, экраны, поглощающие электромагн. излучение, и др. изделия для электро- и радиотехники. На основе УВ получают жесткие и гибкие электронагреватели, обогреваемую одежду и обувь. Нетканые углеродные материалы служат высокотемпературной изоляцией технол. установок и трубопроводов. Благодаря хим. инертности углеволоконные материалы используют в качестве фильтрующих слоев для очистки агрессивных жидкостей и газов от дисперсных примесей, а также в качестве уплотнителей и сальниковых набивок.

УВА и углеволоконные ионообменники служат для очистки атм. воздуха, а также технол. газов и жидкостей, выделения из последних ценных компонентов, изготовления ср-в индивидуальной защиты органов дыхания. Широкое применение находят УВА (в частности, актилен) в медицине для очистки крови и др. биол. жидкостей, в повязках при лечении ран и ожогов, как лек. ср-во (ваулен) при отравлениях (благодаря их высокой способности сорбировать разл. яды), как носители лек. и биологически активных в-в. УВ катализаторы используют в высокотемпературных процессах неорг. и орг. синтеза, а также для окисления содержащихся в газах примесей (CO до CO_2 , SO_2 до SO_3 и др.).

Пром. произ-во УВ и углеволоконных материалов на основе вискозных волокон начато в 1958 в США, а на основе полиакрилонитрильных волокон – в 1961 в Японии. Там же в 1970 началось произ-во УВ на основе нефтяных пеков. Мировое произ-во УВ и углеволоконных материалов в 1990 превышало 10 тыс. т.

Лит.: Текстильные материалы на основе углеродных волокон и методы определения их свойств, М., 1985; Левит Р. М., Электропроводящие химические волокна, М., 1986; Углеродные волокна, под ред. С. Симауры, пер. с япон., М., 1987; Углеродные волокна и углекомпозицы, под ред. Э. Фиттера, пер. с англ., М., 1988; Будинский Г. А., «Химические волокна», 1990, № 2, с. 5–13.

УГЛЕРОДОПЛАСТЫ, то же, что *углепластики*.

УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, композиционные *углеграфитовые материалы* на основе углеродной матрицы и углеродных волокон. В качестве матрицы используют пироуглерод, коксовые остатки терморективных смол, кам.-уг. или нефтяного пека, в качестве волокон-наполнителей – высокопрочные *углеродные волокна* – нити (непрерывные и рубленые), жгуты, ткани, пространств. конструкции из

волокна. У.-у. м. по сравнению с графитом характеризуются низкой плотностью (вследствие пористости материала), высокими уд. прочностью и жесткостью, сохраняющимися неограниченно долго в инертных и восстановит. средах при т-рах до 3000 °С (при более высоких т-рах св-ва зависят от скорости сублимации углерода с пов-сти материала), а также пластич. характером разрушений.

Изделия из однонаправленно, перекрестно и хаотически армированных У.-у. м. получают карбонизацией соответствующих *углепластиков* при т-ре ок. 1000 °С или уплотнением пористой углеродной матрицы с помощью повторяющихся процессов пропитки волокон терморективными смолами с послед. карбонизацией. Изделия из пространственно армированных материалов получают формированием углеродной матрицы в объеме предварительно изготовленного волокнистого каркаса путем карбонизации термопластичных пеков под давлением или осаждением на каркас углерода, образующегося при пиролизе газообразных углеводородов. Во всех случаях избегают деформирования исходного каркаса, к-рый до сформирования углеродной матрицы не обладает конструкц. жесткостью. С учетом конкретных условий эксплуатации изделия на практике проводят сочетание разл. технол. приемов с высокотемпературной обработкой в инертной среде или вакууме, что позволяет изменять структуру материала и регулировать объем пор. Предельная т-ра обработки всегда выше т-ры эксплуатации получаемых изделий. Во избежание остаточных внутр. напряжений при конструировании и изготовлении деталей изделий используют термостойкую оснастку из графита; конструирование деталей и схем их армирования обычно проводят по высокотемпературной технологии.

Физ.-мех. и теплофиз. св-ва У.-у. м. (см. табл.) существенно зависят от т-ры обработки и вида армирования. Для однонаправленно армированных У.-у. м. с общей пористостью ~ 12% предельные значения $\sigma_{\text{ср-т}}$, $\sigma_{\text{изг}}$, $\sigma_{\text{сж}}$ и $\sigma_{\text{сж}}$ могут достигать соотв. 600, 1200, 25 и 800 МПа. Коэф. температуропроводности колеблется от $5,5 \cdot 10^{-3}$ м²/с (в плоскости армирования)

СВОЙСТВА УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

Показатель	Армированные непрерывным волокном		Перекрестно армированные тканями	Пространственно армированные непрерывным волокном		
	однонаправленно	перекрестно		матрица из кокса кам.-уг. пека	матрица из пироуглерода	матрица из кокса кам.-уг. пека**
Объемная плотн., г/см ³	1,40	1,42	1,35	1,96	1,76	1,96
Истинная плотн., г/см ³	1,69	1,69	1,47	2,15	2,12	2,20
Пористость, %	12	10	10	3	12	3
Сопротивление, МПа						
сжатно						
ось x	50	40	60	160	240	140
ось z	400	200	100	180	220	275
изгибу						
ось x	—	—	—	140	250	125
ось z	800	110	130	160	230	140
растяженно						
ось x	1,5	2,0	1,5	70	90	65
ось z	500	100	60	130	40	120
Модуль Юнга, ГПа	170	60	20	60	30	60
Коэф. теплопроводности, Вт/(м·К) (300 К)						
ось x	3,7	3,7	4,7	6,7	7	70
ось z	60	34	14	90	5	80
Температурный коэф. линейного расширения, 10 ⁻⁶ К ⁻¹						
ось x	4,3	4,6	5,2	0,8	1,5	1,7
ось z	0,4	0,6	2,2	0,8	1,5	1,6

* x, z – осн. оси армирования образца. ** Содержит дополнит. степень армирования.

до $3 \cdot 10^{-3}$ м²/с (в перпендикулярном направлении). Электропроводность, уд. теплоемкость такие же, как и у исходных углеродных материалов. В окислит. средах У.-у. м. разрушаются с выделением оксидов углерода (на воздухе – при t -ре больше 400 °С, в водяном паре – больше 630 °С); электрохим. окисление может идти и при комнатной t -ре, причем скорость окисления зависит от плотности тока и приложенной разности потенциалов.

У.-у. м. – конструкц. материалы для высокотемпературных узлов ракетной и авиац. техники, электротермич. оборудованья.

Лит.: Термоустойчивость пластиков конструкционного назначения, под ред. Е. Б. Тростянской, М., 1980; Костиков В. И., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева», 1989, т. 34, в. 5, с. 492–501; Композиционные материалы, справочник под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского, М., 1990. См. также лит. при ст. Композиционные материалы. С. А. Колесников.

УГЛЕХИМИЯ, область знаний о происхождении, составе, строении, св-вах, а также о методах и процессах переработки твердых горючих ископаемых. Осн. объекты исследований – антрацит, бурые и каменные угли, горючие сланцы, сапропелиты, торф.

Первые общенаучные положения У. были выдвинуты М. В. Ломоносовым в гипотезе о растит. происхождении углей (1757). Впоследствии благодаря трудам Д. И. Менделеева, Г. Л. Стадникова, Ф. Фишера, Д. Ван Кревелена и др. У. получила широкое распространение и стала теоретич. основой коксохимии, газификации и гидрогенизации углей, переработки горючих сланцев и торфа.

В СССР У. начала быстро развиваться с кон. 20-х – нач. 30-х гг. 20 в. с целью изучения сырьевой базы коксохим. пром-сти и создания совр. технологии переработки твердых горючих ископаемых. Дальнейшее развитие У. в послевоенный период способствовало совершенствованию коксохим. произ-ва, расширению ассортимента хим. продуктов коксования углей и разработке новых пром. процессов получения кокса и углеграфитовых материалов.

Многообразие видов твердых горючих ископаемых как объектов исследования в У. вызвало необходимость систематизации их по наиб. общим типичным признакам: по характеру исходного растит. материала (минералогич. классификация Г. Потонье, 1910); по виду сырья и стадии превращения углей (естеств. классификация Стадникова, 1937); по стадии хим. зрелости – торфяной, буроугольной, кам.-уг., антрацитовой (генетич. классификация Ю. А. Жемчужникова, 1935) и др.

Существуют технол. (пром.) классификации отдельных видов твердых горючих ископаемых, применимые к конкретной отрасли, напр. классификации каменных углей Донецкого (1975) и Кузнецкого (1979) бассейнов. Технол. классификации следуют из общих классификаций и строятся по наиб. важным параметрам, характеризующим, напр., пригодность углей для коксования (спекаемость и степень метаморфизма). На основе генетич. и технол. параметров создана единая промышленно-генетич. классификация каменных углей СССР (1982); известна Международная торгово-пром. классификация углей, в соответствии с к-рой последние систематизированы по трем параметрам: степени метаморфизма, спекаемости и коксуемости; существует также Международная классификация бурых углей и др.

Глубокие исследования позволили сформулировать представления о твердых горючих ископаемых, в первую очередь каменных углях, как о прир. высокомолекулярных соединениях (см. Гидрогенизация угля, Каменные угли), а о бурых углях и торфе как о смесях в осн. битумов и гуминовых к-т. Эти представления обусловили применение на разл. этапах развития У. разных методов исследований, среди к-рых особенно распространены рентгеновский структурный анализ, ИК и масс-спектроскопия, электронная микроскопия, ЭПР, ЯМР, радиационные, химические.

Наиб. крупные достижения отечеств. научной школы У.: развитие петрографии и петрологии углей (Жемчужников); фундам. труды и монографии о происхождении углей и нефти, по химии углей, горючих сланцев и торфа (Стадников);

установление главных геолого-генетич. факторов углеобразования (И. И. Аммосов, Н. Г. Титов); новые представления о мол. и надмолекулярных структурах углей (В. И. Касаточкин); разработка теоретич. основ конструирования первых отечеств. коксовых печей (Н. П. Чижевский); создание научных основ и технологии произ-ва формованного кокса из слабоспекающихся углей (Л. М. Саложников); фундам. разработки методов хим. переработки и классификации коксующихся углей восточных угольных бассейнов (Н. М. Караванов); развитие теории спекания углей и коксообразования (Н. С. Грязнов, М. Г. Склар); создание основ единой промышленно-генетич. классификации углей (Аммосов, И. В. Еремин); развитие научных основ и технологии гидрогенизации твердых горючих ископаемых (А. В. Лозовой, М. К. Дьякова).

Лит.: Нестеренко Л. Л., Бирюков О. В., Лебедев В. А., Основы химии и физики горючих ископаемых, К., 1987. М. С. Литвищенко.

УГОЛЬНАЯ КИСЛОТА H_2CO_3 , образуется при растворении CO_2 в воде. Проявляет св-ва слабой к-ты. Равновесие $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$ смещено влево, поэтому меньшая часть CO_2 находится в р-ре в виде H_2CO_3 . Для У. к. константы диссоциации $K_1 = 4,27 \cdot 10^{-7}$ (25 °С), $K_2 = 4,68 \cdot 10^{-11}$ (25 °С). Это кажущиеся константы диссоциации, они отнесены к общему кол-ву CO_2 в р-ре, истинное значение $K_1 = 1,32 \cdot 10^{-4}$ (25 °С).

Наиб. важные производные У. к.: соли – карбонаты и гидрокарбонаты (см. Карбонаты неорганические) и эфиры (см. Карбонаты органические). Соли встречаются в природе в виде минералов (см. Карбонаты природные). Дихлорангидрид У. к. – фосген, моно- и диамид У. к. – соотв. карбаминовая кислота и мочеви́на (карбами́д). Я. А. Калашников.

УДАРНАЯ ВОЛНА, распространяющаяся со сверхзвуковой скоростью в газе, жидкости или твердом теле тонкая переходная область (фронт), в к-рой происходит резкое увеличение давления, плотности и т-ры. Возникает при взрыве, мощном электрич. разряде, столкновении тел, сближающихся со сверхзвуковой скоростью, в фокусе луча лазера и т. п. Рост давления и т-ры во фронте У. в. происходит за 10^{-12} – 10^{-9} с, затем, спустя 10^{-6} с, происходит «разгрузка» и давление падает до атмосферного. Скорость охлаждения в-ва на этой стадии составляет 10^8 град/с. Однако вследствие необратимых процессов, происходящих при «ударноволновом» сжатии, т-ра образца не возвращается к исходной, и образец остается нагретым. В реальных условиях весь цикл завершается приблизительно за 10^{-5} с.

У. в. в газе сопровождается не только увеличением плотности, но и значительным повышением т-ры. В этих условиях происходят разл. процессы: возбуждение мол. колебаний, диссоциация и ионизация молекул и атомов, хим. р-ции.

При сжатии конденсир. в-в во фронте У. в. возникают огромные тангенциальные напряжения, вызывающие мощные сдвиговые деформации (время развития деформации 10^{-7} с). Поэтому в твердом теле создаются чрезвычайно высокие концентрации дислокаций и точечных дефектов, разрушаются хим. связи, происходит дробление в-ва (разрушается кристаллич. решетка), что способствует протеканию и (или) ускорению разл. физ.-хим. превращений.

Часто в результате сжатия протекают хим. р-ции. Так, при действии У. в. на неорг. соед. были синтезированы нитриды Al, Be, B, Mg, Zr, получены оксид, нитрид и карбид бора, алмазы. У. в. – эффективный способ повышения каталитич. активности в-в. Напр., воздействие У. в. на гетерог. катализаторы может приводить к увеличению их активности и к изменению селективности.

Под действием У. в. полимеры вступают в разл. хим. р-ции: частично разлагаются до исходных мономеров, их мол. масса уменьшается (как, напр., в случае полиметилметакрилата), претерпевают вулканизацию (дивиниловый, изопреновый, бутадиенилнитрильный, натуральный каучуки) или глубокие структурные изменения, сопровождающиеся изменением цвета и уменьшением р-римости (полистирол).

В условиях У. в. протекают разл. р-ции орг. в-в. Такие мономеры, как акриламид, метакриламид, акрилат калия, триоксан, в твердом состоянии образуют полимеры с высокой мол. массой. Из аммониевых солей ненасыщ. и насыщ. карбоновых к-т получают аминокислоты. Последние образуют ди- и полипептиды. Под воздействием У. в. *транс*-стильбен переходит в *цис*-изомер. В аналогичных условиях могут протекать р-ции этерификации, циклизации и др.

Для изучения превращений в-в в У. в. часто используют метод ампул хранения. Последние представляют собой металлич. сосуды, в к-рые помещают исследуемые в-ва. У. в. создают взрывом ВВ или ударом пластины, движущейся под воздействием взрывных газов. Изменяя конфигурацию фронта У. в., можно менять величину деформации сдвига в-ва. В случае хим. исследований при «ударноволновом» сжатии давление чаще всего варьирует от 5 до 40 ГПа, а т-ра может принимать значения до 800 К. После прохождения У. в. сохраненные в ампуле в-ва обычно исследуют подходящими физ. и физ.-хим. методами.

С помощью У. в. определяют параметры ур-ний состояния, упруго-пластичные характеристики, исследуют оптич. и электр. св-ва в-в, изучают кинетику разл. процессов (см. *Ударных труб метод*). В пром-сти У. в. применяют для синтеза сверхтвердых материалов (алмаза, боразона), упрочнения металлов, прессования порошков металлов и керамики, сварки металлич. конструкций.

Лит.: Бацанов С. С., «Успехи химии», 1986, т. 55, в. 4, с. 579–607; Ададуров Г. А., там же, с. 555–78; Bergman O. R., Bailey N. F., High pressure explosive processing of ceramics, Aedermannsdorf – [a.o.], 1987, p. 66–85; Shock compression of condensed matter, ed. by S. C. Schmidt et al., N. Y., 1990. А. А. Жаров.

УДАРНЫХ ТРУБ МЕТОД, метод изучения кинетики хим., физ.-хим. и молекулярных физ. процессов в газовых смесях и на пов-сти раздела фаз с помощью *ударных волн*. Ударная труба обычно имеет диаметр от неск. сантиметров до 0,5 м и длину неск. метров (реже используют трубы переменного диаметра). Она состоит из секции (камеры) высокого давления ($> 10^6$ Па) и более длинной секции низкого давления ($\leq 10^5$ Па), к-рые разделены диафрагмой. Первая секция заполняется т. наз. толкающим газом (обычно N_2 или He), а вторая – исследуемым газом, к-рый часто разбавляют аргоном или др. инертным газом. В конце секции низкого давления (зона наблюдения) снаружи или внутри трубы находятся подходящие детекторы или датчики, позволяющие фиксировать процессы в исследуемом газе с помощью скоростной фотографии, спектральными методами, по изменению давления, электропроводности и т. д. При изучении гетерог. процессов на пов-сти твердого тела последнее закрепляют внутри трубы.

Диафрагма между секциями разрывается самопроизвольно (при постепенном увеличении давления в первой секции вследствие подачи в нее толкающего газа) или спец. устройством, напр. бойком, вылетающим из пружинной пушки. После разрыва диафрагмы образуются ударная волна, распространяющаяся в секцию низкого давления, и волна разряжения, идущая в противоположном направлении. Во фронте ударной волны происходит резкий скачок давления (до сотен атм, или 10^7 Па) и т-ры (до тысяч К), после к-рого наблюдается длительное «плато», т. е. давление и т-ра сохраняют постоянное значение. Ударная волна отражается от стенки трубы; в отраженной волне значения т-ры и давления выше, чем в падающей. Наличие плато, сохраняющегося вплоть до прихода вторичных волн, – осн. достоинство У. т. м., так как это позволяет изучать явления при т-рах тысячи – десятки тысяч и выше градусов, продолжающиеся от долей микросекунды до одной или неск. миллисекунд. Причем наблюдения и измерения можно проводить в падающей или(и) отраженной ударной волне.

Иногда для создания ударной волны в У. т. м. используют мощный электр. разряд или детонацию газовой смеси (напр., $2H_2 + O_2$).

После прохождения ударной волны равновесное распределение молекул по энергии поступат. движения устанавлива-

ется быстро – за неск. соударений. Переход к равновесному распределению молекул по колебат. и вращат. уровням энергии происходит значительно медленнее, что позволяет использовать У. т. м. для изучения хим. и физ.-хим. процессов в неравновесных условиях. В этом случае применяют также ударные трубы с соплом, в к-ром происходит неравновесное расширение нагретого в ударной трубе газа. Реже ударную волну пускают через неравновесный газ, возбужденный, напр., в электр. разряде.

С помощью У. т. м. можно исследовать кинетику хим. и физ.-хим. процессов в средах с высокой плотностью при давлениях сотни тысяч – млн. атм. Для этого необходимы мощные ударные волны, генерируемые, напр., при детонации ВВ.

У. т. м. применяется для исследования разл. хим. р-ций, диссоциации и ионизации молекул, возбуждения и релаксации последних, явлений адгезии, испарения, воспламенения, дробления и агломерации капель и твердых частиц и т. п.

Лит.: Ударные трубы. Сб. пер., М., 1962; Гейдон А., Герл И., Ударная труба в химической физике высоких температур, пер. с англ., М., 1966.

А. Д. Марголин.

УДОБРЕНИЯ (туки), предназначены для улучшения питания растений и св-в почв. У. подразделяют на прямые (содержат непосредственно элементы питания растений) и косвенные (улучшают св-ва почв; напр., *гипс, известь*).

Оптм. рост растений зависит от климатич. факторов (световой, тепловой, водный, воздушный режимы), обеспеченности питат. элементами, а также от структуры и кислотности почв, содержания в них гумуса и др. св-в. Все почвы обладают значит. запасом питат. в-в, но большая часть их находится в малодоступной форме. Поэтому для оптимизации питания растений в почву вносят У.

В составе растений обнаружено более 70 хим. элементов. Для нормального роста растений нужны только 15: С, О, Н, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn. Каждый из этих элементов выполняет в растениях свою специфич. роль и не м. б. заменен. Ряд исследователей считает Si необходимым элементом (напр., для риса). Для отдельных культур установлена полезность Na, Co и Cl. Вода, являющаяся источником Н и О, имеется обычно в достаточных кол-вах. Углерод и кислород поглощаются растениями из атмосферы в виде CO_2 ; дополнит. обеспечение им требуется лишь в теплицах.

По составу различают *минеральные удобрения*, *органические удобрения*, *органо-минеральные удобрения* (природные – сапропель, искусственные – торфоаммиачные, торфо-минерально-аммиачные и др.), *бактериальные удобрения*; выделяют также зеленые удобрения (свежая зеленая масса преим. бобовых растений, запасаемая в почву для обогащения ее орг. в-вом и N). У., получаемые непосредственно в хозяйствах, наз. местными (навоз, торф, болотный ил и др.), на спец. заводах – промышленными, или химическими (*азотные удобрения*, фосфоритная мука и др.); к последним относят также пром. отходы разл. произ-в, напр. шлаки (мартековский фосфатшлак, томасшлак).

В зависимости от числа питат. элементов У. делятся на односторонние (содержат один к.-л. основной элемент, напр. *калийные удобрения*) и многосторонние У., или *комплексные удобрения*. У., в состав к-рых входят макроэлементы (N, P, K, Ca, Mg, S), наз. макроудобрениями (напр., *фосфорные удобрения*, азотно-фосфорные У.), микроэлементы (B, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn) – *микроудобрениями* (*марганцевые удобрения*, бормагниево-У. и т. д.). У. могут содержать также одновременно макро- и микроэлементы (напр., смесь Мо-соли с фосфорно-калийным У.). По агрегатному состоянию различают У. твердые (кристаллические, гранулированные порошки), жидкие (см. *Жидкие удобрения*) и газообразные (безводный NH_3).

У. – основа повышения кол-ва и качества с.-х. продукции. Их целесообразное использование улучшает плодородие почв, поддерживает положит. баланс биогенных элементов и гумуса. Установлено, что У. повышают урожай с.-х. культур повсеместно. В западных районах на почвах дерново-подзолистого типа, серых лесных и выщелоченных черноземах

хорошо действуют три главных питат. элемента – N, P, K. При этом роль фосфора постепенно снижается с увеличением содержания подвижных фосфатов в этих почвах, а влияние калия устойчиво и высоко, но сказывается в значительно меньшей степени, чем N и P. На указанных почвах выявлены высокая эффективность известкования (см. *Известковые удобрения*), а на легких почвах – и эффективность внесения Mg, а также положит. действие S. В целом упомянутые районы характеризуются интенсивным применением орг. и минеральных У.

По сравнению с западными районами в Сибири У. менее эффективны и дозы их внесения в почву должны быть заметно ниже. На обыкновенных и южных сероземах особенно сильно сказывается на урожае внесение фосфатов. Действие N при отсутствии орошения существенно слабее, однако в годы, богатые осадками, и в условиях орошения значение азота возрастает; роль K, как правило, незначительна и ограничивается посевами сахарной свеклы. В зоне сероземных почв при орошении на хлопчатнике наиб. сильно действие N; влияние P на старопахотных почвах уменьшается вследствие его накопления в больших кол-вах. Из-за повыш. выноса растениями K калийные У. становятся важным фактором высокого урожая хлопчатника.

При определении доз внесения фосфорных и калийных У. применяют спец. агрохим. картограммы; при этом данные туки следует концентрировать на перечисленные выше почвы, а на остальных почвах (обыкновенных и южных черноземах, каштановых и др.) рекомендуют обычно ограничиваться рядковым внесением P_2O_5 и K_2O .

Система использования У. в севообороте – важное звено высокопродуктивного земледелия. Однако возрастающие объемы их применения (особенно при получении низких урожаев) приводят к загрязнению окружающей среды (см. *Охрана природы*). Осн. его причины: значит. потери У. на пути завод – поле; смыл У. с пов-стей полей в водоемы; выщелачивание по профилю почв биофильных элементов и избыточное их накопление в пахотном слое за счет его переудобрения; неправильная эксплуатация животноводч. комплексов и др.

Правильное применение У. достигается только при успешном проведении и иных с.-х. работ. Будучи важным, но не единств. фактором повышения урожая, У. служат составным элементом всей системы агрохим. мероприятий (устранение кислотности почвы, борьба с сорняками, болезнями и вредителями растений, выбор наиб. подходящих сортов, соблюдение оптим. сроков сева, норм высева и посадки и др.).

Большое значение имеет разумное определение доз внесения минер. У., при к-ром нужно учитывать запасы в почве доступных питат. в-в, отсутствующие кол-ва органических У. и планируемый урожай. Во всех случаях составление системы удобрения почвы для всего севооборота и неуклонное следование ей оказывается более эффективно и экономично, чем ориентация на удобрение культур одного года. Необходимо избегать также чрезмерных доз внесения У., к-рые могут оказаться не только нерентабельными, но и привести к уменьшению урожая с.-х. культур, накоплению в них нитратов или токсич. элементов, а также к снижению качества, в т. ч. при хранении товарной продукции (картофель, овощи, фрукты и т. п.).

Потребление У. в странах бывшего СССР: минеральных (в пересчете на 100%-ное содержание N, P_2O_5 и K_2O) – 27 млн. т (1988), органических – 961 млн. т (1985).

Лит. см. при статьях Микроудобрения, Минеральные удобрения, Органические удобрения.

Ф. В. Янишевский.

УКСУСНАЯ КИСЛОТА (этановая к-та) CH_3COOH , мол. м. 60,05; бесцв. прозрачная жидкость с резким запахом. Для безводной («ледяной») т. пл. 16,64 °C, т. кип. 117,8 °C; d_4^{20} 1,0492; n_D^{20} 1,3715; $p_{жид}$ 57,85 кПа, $t_{жид}$ 321,6 °C, η 11,83 мПа·с (20 °C), γ 27,57 мН/м, μ $5,6 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; ур-не температурной зависимости давления пара (мм рт.ст.): $\lg p = 7,55716 - 1642,54/(233,386 + t)$; $\Delta H_{пл}^0$ 195,7 кДж/моль,

$\Delta H_{жид}^0$ 24,4 кДж/моль, ΔH^0 растворения 1,902 кДж/моль, $\Delta H_{гор}^0$ –208,2 кДж/моль, $\Delta H_{обр}^0$ –493,16 (жидкость) и –471,8 кДж/моль (пар); pK_a 4,76 (25 °C). Существует в виде димеров циклич. и линейной структуры. Смешивается со мн. р-рителями, хорошо растворяет орг. соединения, в ней раств. газы HF, HCl, HBr, HI и др., гигроскопична. Образует азеотропные смеси (см. табл.).

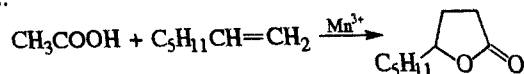
ХАРАКТЕРИСТИКА АЗЕОТРОПНЫХ СМЕСЕЙ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Второй компонент смеси	Т. кип., °C	Содержание уксусной к-ты, % по массе
Четыреххлористый углерод	76,5	3
Циклогексан	81,8	6,3
Бензол	88,05	2
Гептан	91,9	33
Толуол	104,9	34
Трихлорэтилен	86,5	4,0
Этилбензол	114,65	66
о-Ксилол	116	76,0
п-Ксилол	115,25	72
Бромформ	118	83

Образует тройные азеотропные смеси с водой и бензолом, т. кип. 88 °C, с водой и бутилацетатом, т. кип. 89 °C.

В природе У.к. распространена в своб. виде или в виде солей и сложных эфиров в растениях (в зеленых листьях), в выделениях животных (моче, желчи), образуется при гниении и брожении (в кислом молоке, сыре, вине). Брожение происходит под влиянием специфич. бактерий «уксусного грибка».

По хим. св-вам У.к. – типичная карбоновая кислота. Соли и эфиры У.к. наз. ацетатами. При взаимодействии У.к. с этиленом в зависимости от условий р-ции образуются этилацетат (кислые кат.), винилацетат $CH_3COOCH=CH_2$ (кат. – Pd – Li) либо диацетат этиленгликоля $(CH_3COOCH_2)_2$ (кат. – TeO_2 и HBr). Р-ция У.к. с более высокомолекулярными алкенами в присут. солей Mn(III) приводит к алкилбутиролактонам, напр.:



С ацетиленом в присут. солей Hg У.к. дает винилацетат, в присут. трет-бутилпероксида – адипиновую к-ту; с формальдегидом в присут. катализатора (напр., KOH на SiO_2) в паровой фазе – акриловую к-ту.

У.к. растворяет мн. металлы, их оксиды и карбонаты с образованием солей. Окислители ускоряют р-цию. Так, Co легко раств. в У.к. в присут. $Co(NO_3)_2$ или H_2O_2 .

У.к. – один из главных промежут. метаболитов, выполняющих как структурную, так и энергетич. функцию в обмене в-в.

Пром. способы получения У.к. 1) Каталитич. окисление ацетальдегида в жидкой фазе в присут. солей Mn или смеси солей Mn, Co, Ni и Fe при 56–75 °C и давлении 0,2–0,3 МПа; окислитель – техн. O_2 , степень конверсии более 95%, выход У.к. 92–93%. Окисление ацетальдегида O_2 воздуха в присут. катализатора, состоящего из смеси ацетатов Co и Cu, при 50–60 °C дает смесь У.к. и уксусного ангидрида в соотношении (45:55), степень конверсии 16–18%, выход (по сумме продуктов) 94–96%. Выделение и очистку У.к. производят ректификацией.

2) Жидкофазное окисление воздухом углеводородных фракций нефти C_5 – C_6 при 140–180 °C и давлении 5–8 МПа; наряду с У.к. получают муравьиную (15% по массе от суммы продуктов) и пропионовую к-ты (7–8%).

3) Каталитич. карбонилирование метанола в присут. комплексов соед. Rh при 185 °C и давлении 2,8 МПа. Конверсия метанола близка к 100%, конверсия CO – 86%.

4) Уксуснокислое брожение этанола (пищ. У.к.).

5) Пиролиз древесины (наряду с метанолом и ацетоном).

В лабораторий безводную У.к. получают перегонкой сухого CH_3COONa и H_2SO_4 .

У. к. — сырье в произ-ве уксусного ангидрида, ацетилхлорида, монохлоруксусной к-ты, ацетатов, мн. красителей, инсектицидов, лек. ср-в (аспирин, фенацетин); используют в пищ. пром-сти в изготовлении приправ, маринадов, консервов в виде столового уксуса — 3–15%-ный водный р-р и уксусной эссенции — 80%-ный водный р-р пищевой У. к. У. к. — р-рителев лаков, коагулянт латекса, ацетилирующий агент в орг. синтезе. Соли У. к. (Fe, Al, Cr и др.) — протравы при крашении.

Пары У. к. раздражают слизистые оболочки верх. дыхат. путей, р-ры (концентрация выше 30% по массе) при соприкосновении с кожей вызывают ожоги. Т. всп. 38 °С, т. самовоспл. 454 °С, КПВ 3,3–22% (по объему), температурные пределы взрываемости 35–76 °С. ПДК в атм. воздухе 0,06 мг/м³, в воздухе рабочей зоны 5 мг/м³.

Мировой объем произ-ва 3,5 млн. т/год (1990), в т.ч. США — 1,2, Япония — 0,33, Германия — 0,31.

Лит.: Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т., Свойства газов и жидкостей, пер. с англ., 3 изд., Л., 1982; Kirk — Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N. Y., 1978, p. 124–47.

З. П. Присяжнюк.

УКСУСНЫЙ АЛЬДЕГИД, то же, что *ацетальдегид*.

УКСУСНЫЙ АНГИДРИД (CH₃CO)₂O, мол. м. 102,09; бесцв. прозрачная подвижная жидкость с резким запахом; т. пл. –73,1 °С, т. кип. 139,6 °С; d_4^{20} 1,0820; n_D^{20} 1,3906; $t_{\text{днт}}$ 295,8 °С, $p_{\text{крит}}$ 4,6 МПа; η 0,901 мПа·с (20 °С), γ 32,65 мН/м (20 °С); μ 9,3·10^{–30} Кл·м; $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 276,7 кДж/моль, $\Delta H_{\text{стор}}^0$ –1804,5 кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ жидкости –624,42 кДж/моль, пара –576,1 кДж/моль; ΔG_{298}^0 жидкости –489,14 кДж/моль, пара –477 кДж/моль. Раств. в бензоле, диэтиловом эфире, этаноле, СНCl₃, СН₃COOH, ТГФ, ограниченно — в холодной воде (12 г в 100 г воды), в горячей воде гидролизует до уксусной к-ты (ΔH^0 гидролиза –58,45 кДж/моль), гидролиз катализируют к-ты.

Обладает хим. св-вами *ангидридов карбоновых кислот*. С основаниями У. а. дает ацетаты, с HCl и СОСl₂ при 70–80 °С — ацетилхлорид, со спиртами — сложные эфиры, с тиолами — тиоэфиры, с H₂S и Na₂S — тиоуксусную к-ту, с аминами — амиды, с альдегидами в присут. кислых катализаторов — диацетаты, с ароматич. альдегидами в присут. СН₃COOK — β-арилакриловые к-ты. У. а. ацетирует целлюлозу, превращает высшие жирные к-ты в ангидриды, алифатич. и жирноароматич. кетоны в присут. BF₃ — в β-дикетоны.

В пром-сти У. а. получают разложением СН₃COOH в присут. триэтилфосфата (0,3% по массе) при 680–720 °С и давлении 26,2–52,4 кПа (степень конверсии 80–84%, селективность 87–91%): $\text{CH}_3\text{COOH} \xrightarrow{\text{CH}_3\text{COOH}} (\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$; совместно с СН₃COOH окислением ацетальдегида в присут. меднокобальтового катализатора при 50–60 °С (степень конверсии ацетальдегида 16–18%, селективность по сумме продуктов 94–96%).

Перспективен метод получения У. а. карбонилированием метилацетата в присут. гомог. родиевых катализаторов.

Используемые ранее методы получения У. а. взаимод. СН₃COOH с СОСl₂ в присут. AlCl₃, а также разложением этилдиендиацетата в присут. ZnCl₂ или фосфатов в настоящее время не применяют; метод получения термич. разложением ацетона при 680–740 °С при повыш. давлении применяют ограниченно.

В лаборатории У. а. получают взаимод. СН₃COCl с безводным СН₃COONa либо СН₃COOH с неорг. ангидридами или галогенангидридами (SO₂Cl₂, SOCl₂, COCl₂, N₂O₄, POCl₃).

У. а. используют как дегидратирующий и ацетилирующий агент в произ-ве ацетилцеллюлозы, винилацетата, диметилацетамида, лек. в-в (напр., ацетилсалициловой к-ты), красителей, душистых в-в и др.

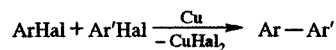
Раздражает глаза и дыхат. пути, вызывает ожоги кожи. Т. всп. 40 °С, т. самовоспл. 389 °С, КПВ 1,21–9,9% (по объему), ПДК в атм. воздухе 0,03 мг/м³.

Мировое произ-во 1,1–1,3 млн. т/год (1988).

Лит.: Kirk — Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N. Y., 1978, p. 151–61.

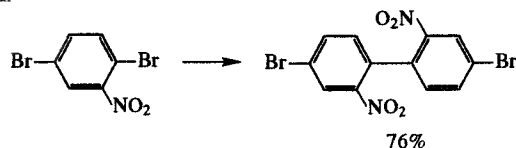
М. П. Муляева.

УЛЬМАНА РЕАКЦИИ. 1) Конденсация арилгалогенидов под действием меди с образованием диарилтов:



Р-цию осуществляют при 100–360 °С в инертном р-рителе (нафталин, толуол, нитробензол, ДМФА и др.) или без него в присут. порошка меди или медной бронзы. Выходы диарилтов достигают 95%.

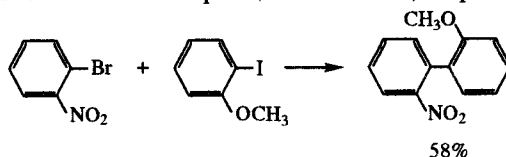
Предполагают, что интермедиатами в этих р-циях являются медьорг. соединения, хотя детали механизма остаются неясными. Реакц. способность арилгалогенидов уменьшается в ряду: ArI > ArBr > ArCl. Сильные электроноакцепторные заместители (напр., NO₂, COOCH₃) заметно активируют атом галогена, особенно если они находятся к нему в *орто*-положении:



Наилучшие выходы удается получить, если один из заместителей в арилгалогениде нитрогруппа, а в качестве р-рителя используется ДМФА.

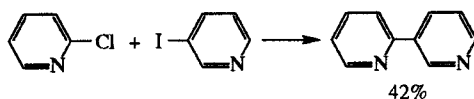
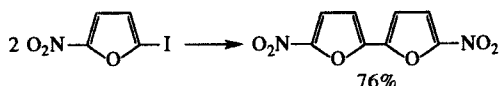
Заместители, содержащие подвижный атом Н (ОН, NH₂, COOH), ингибируют р-цию и способствуют протеканию побочных процессов.

При получении несимметричных диарилтов наилучшие выходы достигаются, когда один из арилгалогенидов активирован, а второй относительно малореакционноспособен, напр.:

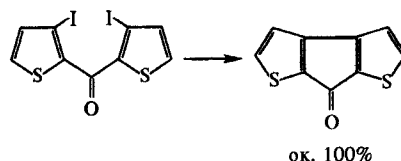
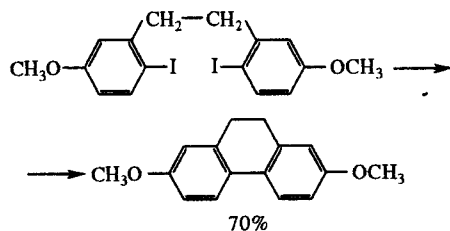


Побочно в этих р-циях образуются соответствующие симметричные диарилы.

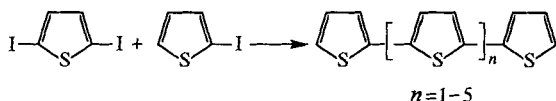
В р-цию, подобную У. р., вступают и гетероцикл. соед., напр.:



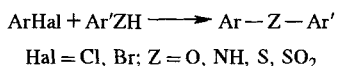
В условиях У. р. возможна внутримол. циклизация, напр.:



Если в У. р. или подобные ей р-ции вовлекаются дигалогениды, то возможно получение линейных полиаренов или полигетероаренов. Р-ция м. б. остановлена на стадии образования относительно низкомолекулярных олигомеров добавлением монологенидов, напр.:



2) Конденсация арилгалогенидов с фенолами, тиофенолами, ароматич. аминами или арилсульфиновыми к-тами в присут. меди, приводящая к диарилсульфидам, диариламинам, диарилсульфонам или диарилсульфидам:



Р-цию осуществляют при нагревании в инертном р-рителе. Она протекает легче при наличии электроноакцепторного заместителя в арилгалогениде в орто-положении.

Р-ции открыты Ф. Ульманом соотв. в 1896 и 1903.

Лит.: Мороз А. А., Шварцберг М. С., «Успехи химии», 1974, т. 43, в. 8, с. 1443-61; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 425-28; Fanta P. E., «Synthesis», 1974, № 1, p. 9-21. В. В. Жакин.

УЛЬТРАЗВУК в химии (от лат. ultra – сверх, за пределами, по ту сторону). Воздействие ультразвука на хим. и физ.-хим. процессы, протекающие в жидкости, включает: инициирование нек-рых хим. р-ций, изменение скорости, а иногда и направления р-ций, возникновение свечения жидкости (сонолюминесценция), создание в жидкости ударных волн, эмульгирование несмешивающихся жидкостей и коалесценцию эмульсий, диспергирование твердых тел и коагуляцию твердых частиц в жидкости, дегазацию жидкости и т. д. Науку, изучающую хим. и физ.-хим. эффекты, возникающие в звуковых полях, наз. звукохимией или сонохимией. Для осуществления технол. процессов используют **ультразвуковые аппараты**.

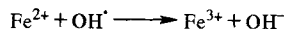
Влияние У. на разл. процессы связано с кавитацией – образованием в жидкости при прохождении акустич. волны полостей (кавитац. пузырьков), заполненных газом, паром или их смесью.

Предложено неск. механизмов воздействия У. на хим. р-ции. По тепловой теории в момент схлопывания кавитац. пузырька внутри него развиваются т-ра 10^4 К и давление до 10^5 МПа, что приводит к термич. диссоциации хим. соед. на радикалы.

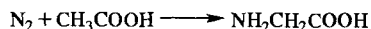
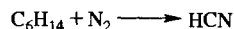
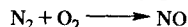
Однако к настоящему времени обнаружено много эксперимент. факторов, к-рые противоречат тепловой теории и разл. ее модификациям. Ранние электрич. теории, предложенные для объяснения механизма хим. действия кавитации, также нельзя считать удовлетворительными. В наиб. мере соответствующей экспериментальным данным можно считать новую электрич. теорию, разработанную в 1985. В этой теории рассматривается двойной электрич. слой на пов-сти расширяющегося кавитационного пузырька. Показано, что при его расщеплении образуется нескомпенсир. электрич. заряд Q , к-рый зависит от радиуса шейки (r) образующегося пузырька, дзета-потенциала (см. *Электростатические явления*), частоты и амплитуды акустич. колебаний, электропроводности жидкости и т. д. При отрыве осколочного пузырька нескомпенсир. заряд локализуется на малой площадке радиуса r . Напряженность возникающего электрич. поля $E_n = Q/2\pi\epsilon_0 r^2$ (ϵ_0 – диэлектрич. проницаемость газа), для обычных эксперимент. параметров $E_n \approx 10^8 - 10^{11}$ В/м. Т. к. критич. напряженность для электрич. пробоя в сухом воздухе при атмосферном давлении $E_{кр} = 3 \cdot 10^6$ В/м, а $E_{кр}$ пропорциональна давлению газа, электрич. заряд в кавитац. пузырьке может образовываться с высокой вероятностью даже при давлениях, значительно превышающих атмосферное.

Хим. р-ции, возникающие в жидкости под действием У. (звукохим. р-ции), можно условно подразделить на: 1) окис-

лит.-восстановит. р-ции, протекающие в водных р-рах между растворенными в-вами и продуктами разложения молекул воды внутри кавитац. пузырька (H^\cdot , OH^\cdot , H_2 , H_2O_2), напр.:



2) Р-ции между растворенными газами и в-вами с высоким давлением пара, находящимися внутри кавитац. пузырька:



3) Цепные р-ции, инициируемые не радикальными продуктами разложения воды, а к.-л. другим в-вом, диссоциирующим в кавитац. пузырьке, напр. изомеризация малеиновой к-ты в фумаровую под действием Br^\cdot , образующегося в результате звукохим. диссоциации Br_2 .

4) Р-ции с участием макромолекул. Для этих р-ций важна не только кавитация и связанные с ней ударные волны и кумулятивные струи, но и мех. силы, расщепляющие молекулы. Образующиеся при этом макрорадикалы в присут. мономера способны инициировать полимеризацию.

5) Инициирование взрыва в жидких и твердых взрывчатых в-вах.

6) Р-ции в жидких неводных системах, напр. пиролиз и окисление углеводородов, окисление альдегидов и спиртов, алкилирование ароматич. соед., получение тиоамидов и тиокарбамагов, синтез металлоорг. соед., восстановление гидридами, металлами, амальгамами, р-ции обмена галогенпроизводных, циклоприсоединение, получение и р-ции перфторалкильных соед., карбеновые синтезы, димеризация, олигомеризация и полимеризация галогенсиланов и галогенстаннанов, диссоциация карбониллов металлов и замещение лигандов в комплексных соед., синтез нитрилов, альдольная конденсация кетонов, конденсация Клайзена–Шмидта, перегруппировка Клайзена и др.

Осн. энергетич. характеристика звукохим. р-ций – энергетич. выход, к-рый выражается числом молекул продукта, образовавшихся при затрате 100 эВ поглощенной энергии. Энергетический выход продуктов окислит.-восстановит. р-ций обычно не превышает нескольких единиц, а для цепных р-ций достигает нескольких тысяч.

Под действием У. во мн. р-циях возможно увеличение скорости в неск. раз (напр., в р-циях гидрирования, изомеризации, окисления и др.), иногда одновременно возрастает и выход. Обнаружено значит. изменение параметров Белоусова–Жаботинского реакции; инициирование колебл. процессов в нек-рых системах, содержащих диалкилдиолхлорсиланы, к-рые в присут. Na образуют циклич. и линейные олигомеры: в этих системах под действием У. возникает периодич. изменение концентрации олигомеров в результате их взаимного превращения.

Воздействие У. важно учитывать при разработке и проведении разл. технол. процессов (напр., при воздействии на воду, в к-рой растворен воздух, образуются оксиды азота и H_2O_2), для понимания процессов, сопровождающих поглощение звука в средах, напр. для эхолокации и др. физ. и физ.-хим. приложений.

Лит.: Маргулис М. А., Основы звукохимии, М., 1984; его же, Звукохимические реакции и сонолюминесценция, М., 1986; Ultrasound. Its chemical, physical and biological effects, ed. by K. S. Suslik, N. Y., 1988; Mason T. Y., Lorimer Ph. J., Sonochemistry: theory, application and uses of ultrasound in chemistry, N. Y., 1988; Margulis M. A., Sonochemistry and cavitation, L., 1995.

М. А. Маргулис.

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ АППАРАТЫ, машины или устройства, в к-рых энергия упругих волн используется для воздействия в любых средах на в-ва или тела с целью изменения их структуры и св-в либо на хим.-технол. процессы. Специфич. особенность У. а. – существенно большие их характерные геом. размеры, чем соответствующие длины волн; благодаря этому в данных устройствах реализуется не колебательный, как в *инфразвуковых аппаратах*, а волновой процесс. Ниж. граница применяемого в У. а. частотного диапазона волн не

определяется признаком невосприимчивости их человеческим слухом и для мн. аппаратов лежит и в звуковом диапазоне частот, превышая, однако, диапазон 20–200 Гц. Верх. граница обусловлена техн. возможностями генерирования упругих волн (см. также *Вибрационная техника*) и теоретически определяется соизмеримостью их длины и средней длины своб. пробега молекул (в жидкостях и твердых телах – межмол. расстоянием).

Высокая частота f упругих волн и квадратичная зависимость от нее интенсивности потока энергии даже при малых амплитудах волн обуславливают выделение больших кол-в энергии. Ее потоки распространяются в обрабатываемой среде со значит. поглощением, что приводит к образованию в ней областей высоких локальных плотностей энергии и к соответствующим изменениям структуры и св-в.

С увеличением f существенно возрастает роль т. наз. нелинейных эффектов. Последние заключаются во взаимод. разных гидродинамич. возмущений и служат главной причиной многочисл. полезных проявлений ультразвука. К числу этих физ. эффектов относятся: изменение формы упругих волн при их распространении; кавитация; акустич. течения (звуковой ветер); давление звукового излучения (радиационное давление) и др. Наиб. важным нелинейным эффектом является кавитация – образование в жидкой среде массы пульсирующих пузырьков, заполненных паром, газом или их смесью. Сложное движение, происходящее под действием упругих волн, приводит к возникновению микроударных давлений до 800 МПа, локальному повышению t -р до 7400 К (по теоретич. оценкам), электр. разрядов, ионизации и т. д. Изменяя условия протекания кавитации, можно регулировать кавитац. эффекты.

Осн. элемент любого У. а. – излучатель упругих волн. По источнику энергии излучатели подразделяют на гидро- или аэродинамические и электроакустические. В основе работы гидро- и аэродинамич. излучателей (жидкостные и воздушные свистки и сирены, гидро- и пневмопреобразователи; см. также *Диспергирование*) лежит принцип преобразования части кинетич. энергии потока жидкости либо газа, создаваемой насосом (компрессором), в акустич. энергию при встрече потока с плохообтекаемым препятствием. В ряде конструкций для усиления ультразвуковых эффектов используют резонансные устройства.

На рис. представлен гидродинамич. излучатель, в к-ром пульсацией торообразной кавитац. области, заполненной пузырьками, происходят при встрече струи жидкости, вытекающей со скоростью 20–30 м/с из конусно-цилиндрич. сопла 1, с вогнутым отражателем 2; при определенном расстоянии между соплом и отражателем возникает автоколеб. процесс, приводящий к радиальному выбросу содержимого кавитац. области. Пульсации давления возбуждают в стержнях 3 изгибные колебания (деформации) на их собств. частоте, повышая интенсивность и монохроматичность звукового излучения.

Электроакустич. излучатели преобразуют заданные колебания электрич. напряжения или тока в мех. колебания к.-л. твердого тела, к-рое и излучает звуковые волны в окружающую среду. Наиб. распространены излучатели, действие к-рых основано на магнитострикционном и пьезоэлектрич. эффектах. В первом случае сердечник из магнитострикц. материала (напр., Ni, ферриты, нек-рые хромовые и марганцевые сплавы) помещают в переменное

магн. поле, и линейный размер сердечника изменяется в такт колебаниям поля. Во втором случае пьезоэлектрич. материал (кварц, керамика на основе цирконат-титаната свинца и др.) располагают в переменном электрич. поле. Электроакустич. преобразователи создают волны частотой, определяемой геом. размерами и условиями закрепления твердого тела; возбуждение колебаний осуществляется в узком диапазоне частот, поэтому излучатели работают обычно в условиях резонанса их мех. системы. В У. а. непрерывного действия на основе таких преобразователей устройством, направляющим поток обрабатываемого материала на излучающие пов-сти, служит собственно корпус аппарата. При проведении периодич. процессов излучатели монтируют на одну или неск. технол. емкостей либо непосредственно погружают в обрабатываемую среду.

Реализуемые в У. а. нелинейные эффекты инициируют и ускоряют окислит.-восстановит., электрохим., ценные, с участием макромолекул и др. р-ции. Акустич. колебания оказывают значит. влияние также на течение мех., гидромех., тепловых и массообменных процессов хим. технологии. При этом воздействие упругих волн м. б. различным: стимулирующим, если ультразвук – движущая сила процесса (напр., диспергирование, коагуляция аэрозолей, очистка твердых пов-стей, распыливание, эмульгирование); интенсифицирующим, если ультразвук лишь увеличивает скорость процесса (напр., кристаллизация, получение чистых полупроводниковых материалов, перемешивание, растворение, сорбция, сушка, травление, экстракция, электрохим. осаждение металлов); оптимизирующим, если ультразвук только упорядочивает течение процесса (напр., гранулирование, центрифугирование). Кроме того, У. а. применяют также для дегазации (напр., р-ров смол, расплавов стекла), металлизации и пайки материалов, сварки металлов и полимеров, размерной мех. обработки хрупких и твердых материалов и т. д.

Лит.: Ультразвуковая технология, под ред. Б. А. Аграната, М., 1974; Ультразвук. Малая энциклопедия, М., 1979; Маргулис М. А., Звукохимические реакции и сонолюминесценция, М., 1986. В. Н. Монахов.

УЛЬТРАМАРИН (от лат. *ultra* и *mare* – море, т. е. привезенный из-за моря), пигмент от зеленого до фиолетового цвета (наиб. известен синий). Природный У. представляет собой минерал ляпис-лазурь (лазурит), окрашенный либо бесцв., заменяемый с давних времен. При прокаливании природный У. приобретает ярко-синий цвет. Синтетический У. (произво- его начато в 30-х гг. 19 в.) получают обжигом шихты, состоящей из каолина, диоксида кремния, соды, серы, кокса или битума, его состав отвечает ф-ле $n(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2) \cdot \text{Na}_2\text{S}_x$ (n и $m = 2 - 3$, $x = 1 - 5$). Наиб. широко применяют У. синего цвета ($n = 2$, $m = 3$, $x = 4$) – порошок, устойчив к действию света, нагреванию, р-рам щелочей (к-ты его разрушают), не раств. в воде и орг. р-рителях. Безвреден.

Применяют У. для подсинивания – устранения желтого оттенка белых лакокрасочных покрытий, пластмасс, тканей, бумаги, сахара и др. материалов; для приготовления худож. красок и эмалей; для окраски линолеума, резины, обоев, строит. материалов.

Лит.: Белянский Е. Ф., Рыскин И. В., Химия и технология пигментов, Л., 1974; Ермилов П. И., Индейкин Е. А., Толмачев И. А., Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы, Л., 1987. Г. А. Телегина.

УЛЬТРАМИКРОСКОПИЯ (от лат. *ultra*, греч. *mikrós* – маленький и *skopéō* – смотрю), оптич. метод наблюдения и анализа коллоидных частиц в жидкой или газовой фазе с помощью ультрамикроскопов (УМ). Разработан и реализован Р. Зигмонди и Г. Зидентопфом (1903), создавшими первый щелевой УМ (рис. 1). В нем исследуемая система неподвижна. Содержащая изучаемое в-во кювета освещается

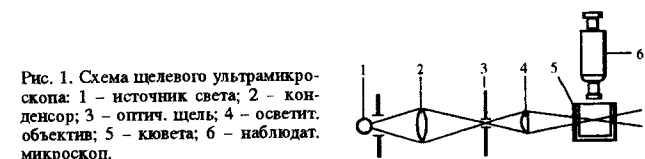


Рис. 1. Схема щелевого ультрамикроскопа: 1 – источник света; 2 – конденсор; 3 – оптич. щель; 4 – осветит. объектив; 5 – кювета; 6 – наблюдат. микроскоп.

(с помощью системы источник света – конденсор или линза – осветит. объектив) через прямоугольную щель, изображение к-рой проецируется в зону наблюдения. В окуляр наблюдают. микроскопа видны светящиеся точки, находящиеся в плоскости изображения щели. Выше и ниже освещенной зоны присутствие частиц не обнаруживается.

В основе У. лежит дифракция света на коллоидных частицах, размер к-рых меньше половины длины световой волны, в результате чего система начинает светиться. Частицы можно наблюдать в УМ как яркие дифракц. пятна, изучать их природу, оценивать концентрацию, однако изображений частиц микроскоп не создает. Яркость свечения, а следовательно, и видимость частиц зависят от разности показателей преломления частицы и дисперсионной среды. Если она велика (напр., взвесь металлич. частиц в воде), то отчетливо фиксируются частицы размерами 2–4 нм (т. е. значительно меньше предела разрешения обычных микроскопов). Если эта разность мала (взвесь орг. частиц в воде), то обнаруживаются только частицы размерами не менее 20–40 нм. В лиофильных коллоидах (напр., гелях желатин, декстрина) пов-сть частиц вследствие сольватации не обладает заметной разницей в показателях преломления относительно дисперсионной среды (воды), поэтому свечение в них значительно слабее.

Миним. размер обнаруживаемых частиц зависит также от интенсивности освещения, поэтому в УМ применяют сильные источники света (ртутные лампы высокого давления). Средний линейный размер коллоидных частиц можно определить методом У. по ф-ле: $l = \sqrt[3]{cV/n\rho}$, где c – массовая концентрация частиц; V – наблюдаемый объем взвеси; n – среднее число подсчитанных в этом объеме частиц; ρ – плотность частиц.

В 1950-х гг. Б. В. Дерягин и Г. Я. Власенко разработали поточный УМ, в к-ром поток жидкого золя или аэрозоля движется по стеклянной трубке навстречу наблюдателю. Пересекая зону освещения, формируемую сильным источником света со щелевой диафрагмой, частицы дают яркие вспышки, регистрируемые визуально или с помощью фотометрич. аппаратуры. Расположенный на пути светового луча фотометрич. клин позволяет устанавливать ниж. предел размеров регистрируемых частиц. Определяемые концентрации частиц в коллоидной системе достигают 10^{10} частиц в 1 см.

В совр. поточных УМ (рис. 2) источниками света служат лазеры, а счет частиц производится фотоэлектронными умножителями, соединенными с мини-ЭВМ. Такие приборы

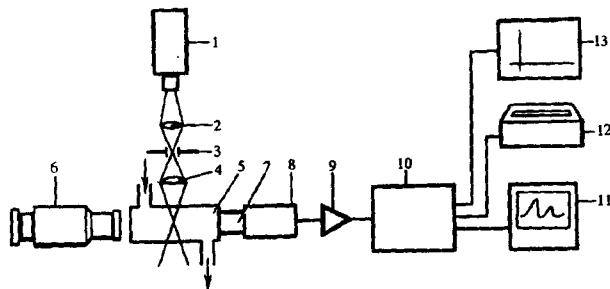


Рис. 2. Схема поточного ультрамикроскопа-анализатора: 1 – лазерный осветитель; 2 – конденсор; 3 – коллиматор; 4 – объектив; 5 – проточная клетка; 6 – наблюдат. микроскоп; 7 – световод; 8 – фотоэлектронный умножитель; 9 – усилитель-формирователь импульсов; 10 – компьютерный анализатор; 11 – графич. дисплей; 12 – печатающее устройство; 13 – графопостроитель.

позволяют исследовать коллоидные системы количественно с большой точностью, напр. строить диаграммы распределения микрочастиц по размерам, а также используются в гидродинамич. исследованиях (для наблюдения характера движения жидкости или газа в сложных трубопроводных системах). В этих случаях микрочастицы стандартного размера (иногда флуоресцирующие) специально вносят в струю жидкости либо газа, отслеживают их траектории, измеряют скорости движения на разл. участках, после чего компьютеры обрабатывают результаты и строят мат. модель гидродинамич. системы.

У. применяют также для определения коэф. диффузии дисперсных частиц в разл. средах путем наблюдения и броуновского движения, для контроля чистоты атм. воздуха, степени загрязнения оптически прозрачных сред посторонними включениями.

Лит.: Коузов П. А., Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов, 3 изд., Л., 1987. См. также лит. при ст. Коллоидная химия.

А. Г. Богданов

УЛЬТРАМИКРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, см. Микрохимический анализ.

УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ, см. Мембранные процессы разделения.

УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ (УФ спектроскопия, УФС), раздел оптич. спектроскопии, включающий получение, исследование и применение спектров испускания, поглощения и отражения в ультрафиолетовой области, т. е. в диапазоне длин волн 10–400 нм (волновых чисел $2,5 \cdot 10^4 - 10^6 \text{ см}^{-1}$). УФС при длине волны меньше 185 нм наз. вакуумной, т. к. в этой области УФ излучение настолько сильно поглощается воздухом (гл. обр. кислородом), что необходимо применять вакуумные или наполненные непоглощающим газом спектральные приборы.

Техника измерения УФ спектров в осн. такая же, как спектров в видимой области (см. Спектрофотометрия). Спектральные приборы для УФС отличаются тем, что вместо стеклянных оптич. деталей применяют аналогичные кварцевые (реже флюоритовые или сапфировые), к-рые не поглощают УФ излучение. Для отражения УФ излучения используют алюминиевые покрытия. Приемниками служат обычные или маложелатиновые фотоматериалы, а также фотоэлектр. приборы, гл. обр. фотоэлектронные умножители, счетчики фотонов, фотодиоды, ионизационные камеры. Для увеличения чувствительности при использовании фотоматериалов иногда регистрируют флуоресценцию, вызванную исследуемым УФ излучением.

Для возбуждения УФ спектров испускания атомов и молекул служат пламя (см. Фотометрия пламени эмиссионная), дуга постоянного или переменного тока, низко- и высоковольтные искры, ВЧ и СВЧ разряд (в т. ч. безэлектродный), плазмотроны, разряд в полом катоде, лазерное излучение и др. (см. Спектральный анализ). УФ спектры поглощения и отражения получают в осн. с использованием таких источников излучения, как дейтериевые (водородные), ртутные, ксеноновые и др. газоразрядные лампы. Используют также нагретые до ок. 3000 К твердые тела, напр. разл. вольфрамовые лампы (с ленточным излучателем или со сферич. анодом, разогреваемым дуговым разрядом, и др.). Источниками линейчатых спектров служат спектральные лампы разл. конструкции (напр., с полым катодом). Применяют также лазеры, излучающие в УФ области (водородный лазер).

Как правило, при облучении УФ излучением в-во не разрушается и не изменяется, что позволяет получать данные о его хим. составе и структуре. В УФ области проявляются электронные спектры, т. е. положение полос и линий определяется разностью энергий разл. электронных состояний атомов и молекул. Здесь лежат резонансные линии нейтральных, одно- и двукратно ионизованных атомов, а также спектральные линии, испускаемые многократно ионизованными атомами в возбужденном состоянии. В ближней УФ области сосредоточены полосы поглощения большинства полупроводников, возникающие при прямых переходах электронов из валентной зоны в зону проводимости.

В УФ области находятся также электронно-колебат. полосы молекул (колебат. структура проявляется только при низких т-рах; в обычных условиях она приводит к диффузным, т. е. размытым, спектрам), что широко используют в хим. анализе и исследованиях. Появление этих полос связано с переходами электронов между связывающими σ - и π -, несвязывающими n - и разрыхляющими π^* - и σ^* -орбиталями (см. Молекулярные спектры). Это позволяет использовать УФС для изучения электронного строения молекул, влияния заместителей на хим. св-ва ароматич. соединений, для уста-

новления типа хим. связей, определения параметров пов-стей потенц. энергии возбужденных состояний молекул и т. п. В основе этих исследований лежит отнесение полос поглощения УФ спектров к определенным электронным переходам. При этом необходимо учитывать положение и интенсивность полос. Обычно под термином «УФ спектроскопия» понимают именно эту область спектроскопии.

Для насыщ. углеводородов возможны только $\sigma \rightarrow \sigma^*$ -переходы, требующие больших энергий, и соответствующие им полосы лежат в области вакуумного УФ, напр. в случае метана и этана – при 125 и 135 нм соответственно. Для ненасыщ. соединений характерны $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходы, проявляющиеся при длинах волн 165–200 нм. Наличие сопряжения, алкильных или др. заместителей (в т. ч. содержащих гетероатомы) приводит к смещению полос в длинноволновую область (батохромный сдвиг), напр. бутадиев поглощает уже при 217 нм. У карбонильных (как и у тиокарбонильных) соед. в наиб. длинноволновой области находится малоинтенсивная полоса, вызванная $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходом, запрещенным по симметрии. В более коротковолновой области проявляются полосы высокой интенсивности $n \rightarrow \sigma^*$ и $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходов. Так, в спектре формальдегида имеются максимумы поглощения при 295 (слабый), 185 и 155 нм.

Полосы поглощения сложных эфиров, амидов, галогенангидридов смещены в коротковолновую область, а полосы тиокарбонильных соед. – в длинноволновую область по сравнению с полосами поглощения соответствующих карбонильных соед., напр.: максимумы поглощения $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{H}$, $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{NH}_2$ и $\text{CH}_3\text{C}(\text{S})\text{NH}_2$ наблюдаются при 290, 214 и 358 нм соответственно. Вследствие гибридизации неподеленной пары электронов азота в соед., содержащих группу $\text{C}=\text{N}$, интенсивность полосы $n \rightarrow \pi^*$ -перехода у них выше, чем у карбонильных соединений. В спектрах нитросоед. положение и интенсивность полосы $n \rightarrow \pi^*$ -перехода зависят от природы соседнего с нитрогруппой атома. Так, у О-нитросоед. эта малоинтенсивная полоса расположена в более коротковолновой области, чем у С-нитросоединений. В спектре нитрамина ($\text{N}=\text{NO}_2$) полоса $n \rightarrow \pi^*$ -перехода наиб. интенсивная.

Для азо- и нитрозосоединений также характерны $n \rightarrow \pi^*$ -переходы. Полосы УФ спектра N- и О-нитрозосоединений смещены в коротковолновую область по сравнению с полосами С-нитрозосоединений. Сопряжение кратных связей с такими азотсодержащими хромоформными группами, как NO_2 , NO , $\text{N}=\text{N}$, N_3 , вызывает батохромный сдвиг всех полос поглощения и возрастание их интенсивности.

Характер спектра поглощения зависит от взаимного расположения хромофоров. Если хромоформные группы соединены непосредственно, то в спектре наблюдаются сильные изменения по сравнению со спектрами соед. с изолированными хромоформными группами. Относит. расположение хромофоров у кратных связей позволяет различать *цис*- и *транс*-изомеры.

Полосы в спектрах ароматич. соед. связаны с переходами π -электронов ароматич. системы. На вид спектра влияют заместители: такие как алкил, галогены – незначительно, группы с неподеленными парами электронов (OH , OR , NH_2 , NF_2) – сильно. Если имеются карбонильная, нитро- или нитрозогруппа, то в спектре дополнительно наблюдаются полосы $n \rightarrow \pi^*$ -перехода. В спектрах нек-рых замещенных бензола, напр. нитробензола, удается выделить полосы с внутримол. переносом заряда (соответствующие переходам, при к-рых происходит преимущ. уменьшение электронной плотности на одном участке молекулы и ее увеличение на др. участке).

УФ спектры ароматич. соед. зависят не только от характера, но и от взаимного расположения заместителей. Так, в спектрах *орто*- и *мета*-нитроанилина имеются три полосы, вызванные переносом заряда от донора к акцептору, от кольца к акцептору и локальным возбуждением бензольного кольца с вкладом переноса заряда от донора к кольцу. *пара*-Изомер имеет те же переходы, но из-за совпадения направлений переноса заряда во всех трех случаях в спектре появляется одна интенсивная полоса поглощения (при 320 нм).

Насыщ. гетероциклы имеют полосы, соответствующие $n \rightarrow \pi^*$ -переходам. Полосы поглощения кислород- и азотсодержащих соед. лежат в области вакуумного УФ. Серосодержащие соед. имеют соответствующие полосы в обычной УФ области.

Замена в ароматич. кольце группы $=\text{CH}$ на $=\text{N}$ приводит к повышению интенсивности длинноволновой полосы поглощения и появлению полосы $n \rightarrow \pi^*$ -перехода (к-рая в случае пиридина проявляется только в спектрах его паров). По мере увеличения числа атомов N в цикле полосы $n \rightarrow \pi^*$ -переходов сдвигаются в длинноволновую область.

Наличие интенсивных характеристич. полос в УФ спектрах мн. хим. соединений используется для разработки методов их идентификации и количеств. определения. Последние основаны на законе Бутера–Ламберта–Бера (см. *Абсорбционная спектроскопия*) и отличаются селективностью и высокой чувствительностью – до $10^{-7}\%$ по массе. Имеются хим. сенсоры со световодами, измеряющие поглощение определяемого в-ва в УФ области.

УФС применяют также для изучения кинетики хим. и фотохим. р-ций, исследования люминесценции, уровней энергии и вероятностей квантовых переходов в твердых телах и т. д. Особое значение имеет УФС для установления состава космич. объектов и изучения протекающих на них процессов.

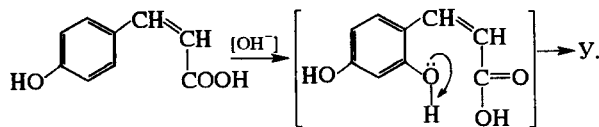
Лит.: Столяров К. П., Химический анализ в ультрафиолетовых лучах, М.–Л., 1965; Зайдель А. Н., Островская Г. В., Островский Ю. И., Техника и практика спектроскопии, 2 изд., М., 1976. Э. Г. Тетерин.

УЛЬТРАФОСФАТЫ, см. *Фосфаты конденсированные*.

УЛЬТРАЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ, метод разделения и исследования частиц размером менее 100 нм (коллоидные системы, молекулы белков, неуклеиновых к-т, синтетич. полимеров) под действием центробежных сил. Подробнее см. *Центрифугирование*.

УМБЕЛЛИФЕРОН (7-гидроксикумарин, 7-гидрокси-2-хроменон, *скимметин*), мол. м. 162,15; бесцв. кристаллы; т. пл. 233–234 °C (с возг.). Хорошо раств. в этаноле, хлороформе, уксусной к-те, плохо – в воде, диэтиловом эфире. В щелочных р-рах флуоресцирует ярко-голубым цветом и интенсивно поглощает УФ свет, пропускаемый видимый. Обладает хим. св-вами фенолов и кумарина.

У. – ключевой продукт в биосинтезе разл. типов прир. кумаринов (фурокумаринов, дигидропиранокумаринов и др.). Обнаружен в большом кол-ве растений – в осн. семейства зонтичных *Umbelliferae* (откуда и произошло его название), а также рутовых и сложноцветных. В растениях может содержаться в виде гликозидов [напр., 7- β -D-гликозид У. из *Skimmia japonica* (Rutaceae)] или целого ряда т. наз. терпеновых кумаринов, представляющих собой простые эфиры У. с разл. сесквитерпеновыми спиртами и содержащихся гл. обр. в растениях рода *Ferula*. Предшественник У. в биосинтезе – *n*-кумаровая к-та, из к-рой У. образуется под действием ферментов:



У. выделяют из продуктов сухой перегонки смол, полученных из ряда зонтичных растений родов *Ferula*, *Angelica*, *Heraclium* и др. Синтезируют У. конденсацией β -резорцилового альдегида с уксусным ангидридом в присут. ацетата Na по р-ции Перкина с послед. гидролизом образующегося ацетата У.

У. – компонент нек-рых жидкостных светофильтров и солнцезащитных кремов, кислотно-основной индикатор при рН 6,5–8,0.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 8, М., 1954, с. 141–62; Кузнецов Г. А., Природные кумарины и фурокумарины, Л., 1967, с. 68–69; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 68; Гудвин Т., Мерсер Э., Введение в биохимию, пер. с англ., т. 2, М., 1986, с. 172–75. Ю. Е. Скляр.

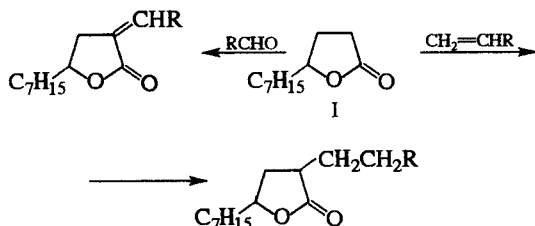
УМБРА (от лат. umbra – тень), прир. пигмент, продукт выветривания железных руд, содержащих Mn. Различают У. двух видов – натуральную и жженую. По составу натуральная У. близка к *охре*, от к-рой отличается высоким содержанием Mn (от 6 до 16% в пересчете на MnO_2); средний хим. состав (%): SiO_2 20,3; Al_2O_3 7,14; Fe_2O_3 25,0; Mn_2O_3 7,0; CaO 4,0; H_2O 10,2. Натуральная У. – порошок от красновато-коричневого до зеленовато-коричневого цвета, не раств. в воде и орг. р-рителях; средний размер частиц 1,5–4 мкм; плотн. 2,5–3,4 г/см³; маслосмкость 38–48 г/100 г; укрывистость 30–40 г/м². Устойчива к действию света и щелочей, при нагрев. темнеет. При прокаливании (400–600 °С) образуется жженная У. – темно-коричневые пигменты разнообразных оттенков.

Для приготовления натуральной У. используют обычные приемы обработки минер. пигментов: удаление примесей, дробление и размалывание, а при необходимости отмучивание, обезвоживание, просеивание и т. д.

У. – пигменты в произ-ве обоев, бумаги. Тонкодисперсную У. используют в литографии и цветной печати, для получения масляных, фасадных, силикатных и художеств. красок.

Лит.: Толстихина К. И., Природные пигменты Советского Союза, их обобщение и применение, М., 1963; Белецкий Е. Ф., Рискин И. В., Химия и технология пигментов, Л., 1974. Т. А. Телегина.

УНДЕКАЛАКТОН (5-гептилтетрагидрофуранон, γ -гептил- γ -бутиролактон, «альдегид С 14»), соед. ф-лы I, мол. м. 184,28; бесцв. жидкость с сильными запахами, при разбавлении напоминает запах персика; т. кип. 150–155 °С/5 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,9494–0,9507; n_D^{20} 1,4512–1,4550; р-римость в 60%-ном этаноле 1:4, не раств. в воде. Под действием минер. к-т лактонный цикл У. размыкается. У. конденсируется с альдегидами и непредельными соед., напр.:



Получают У. циклизацией 10-ундециленовой к-ты в присут. H_2SO_4 или радикальным присоединением 1-октанола к акриловой к-те.

Применяют У. для составления парфюм. композиций, мыльных отдушек и пищ. эссенций, а также как сырье для получения душистого в-ва – дигидрожасмона.

Т. всп. 140 °С, т. самовоспл. 234 °С, КПВ 0,88–6,97% по объему, температурные пределы воспламенения: нижний 136 °С, верхний 191 °С. ЛД₅₀ 18,5 г/кг (крысы, перорально). Л. А. Хейфиц.

УНДЕКАНАЛЬ (ундециловый альдегид) $CH_3(CH_2)_9CHO$, мол. м. 170,29; бесцв. маслянистая жидкость с цветочно-фруктовым (в сильном разбавлении) запахом; т. пл. –4 °С, т. кип. 117–118 °С/18 мм рт. ст., 109–115 °С/5 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,825–0,830; n_D^{20} 1,4322; давление пара 5,32 Па (20 °С); оксим, т. пл. 72 °С, семикарбазон, т. пл. 103 °С, 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 104 °С; раств. в орг. р-рителях, р-римость в 80%-ном этаноле 1:20, не раств. в воде. Содержится в небольшом кол-ве в цитрусовых маслах, животном жире (~0,4%).

Легко окисляется и полимеризуется, не образует бисульфитного соединения. Получается дегидрированием ундеканала. Применяется в небольших кол-вах (0,05–1%) при составлении парфюм. композиций. Т. всп. 96 °С. Л. А. Хейфиц.

УНДЕКАНОЛ (ундециловый спирт) $CH_3(CH_2)_9CH_2OH$, мол. м. 172,31; бесцв. жидкость со слабым цветочным запахом; т. пл. 19 °С, т. кип. 123–125 °С/6 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,8334; n_D^{20} 1,4392; давление пара 1,46 Па (20 °С); фенилуретан, т. пл. 62 °С; хорошо раств. в диэтиловом эфире, умеренно – в этаноле, не раств. в воде. Содержится в небольших кол-вах в нек-рых эфирных маслах. Получается каталитич. гидрированием эфиров ундециловой к-ты. Применяется при составлении парфюм. композиций. Т. всп. > 110 °С. Л. А. Хейфиц.

УНТЕРЦАУХЕРА МЕТОДЫ. 1) Определение кислорода в орг. в-вах. Основан на термич. разложении орг. в-ва в атмосфере азота, предварительно очищенного от кислорода. Образующиеся газы пропускают над углем, нагретым до 1120 °С. При этом кислород превращается в CO , к-рый при взаимодействии с I_2O_5 или $HIO_3 \cdot I_2O_5$ выделяет I_2 . Последний поглощают р-ром щелочи и оттитровывают р-ром $Na_2S_2O_3$. По кол-ву иода рассчитывают кол-во кислорода в исследуемом орг. соединении. Метод предложил Й. Унтерцаухер в 1940.

В дальнейшем были разработаны разл. модификации У. м., напр.: вместо угля использовали гранулир. сажу, нагретую до 1150 °С; применяли сажу с добавками Pt или Ni; кол-во CO_2 устанавливали кондуктометрически; после разложения орг. в-ва в замкнутом объеме выделившийся CO определяли хроматографически.

Разработан также вариант метода для ультрамикрoанализа (масса образца ~ 10 мкг).

2) Определение углерода и водорода в орг. соединениях. Анализируемое в-во сжигают над CuO в токе воздуха. Водород определяют по выделившейся H_2O , к-рую связывают безводным $BaCl_2$, а углерод – по CO , к-рый образуется при пропускании выделившегося CO_2 над нагретым до 1120 °С углем. При этом кол-во CO устанавливают, как при определении кислорода, т. е. иодометрически. Метод предложен Й. Унтерцаухером в 1950–51.

Лит.: Губен-Вейль, Методы органической химии. Методы анализа, М., 1963, с. 137, 158–65; Тёльг Т., Элементный ультрамикрoанализ, пер. с англ., М., 1973, с. 82; Методы количественного органического элементного микроанализа, М., 1987, с. 136–37; Unterzaucher J., «Ber.», 1940, Bd 73, S. 391. Н. К. Кузеев.

УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ СМАЗКИ, пластичные смазки, предназначенные для герметизации зазоров в механизмах и оборудовании, уменьшения трения и износа деталей, предотвращения задира и схватывания трущихся пов-стей. У. с. чаще всего используют в сальниковых уплотнениях насосов, арматуре трубопроводов, а также в резьбовых соединениях буровых труб, трубопроводов и др. Эти смазки обеспечивают работу узлов оборудования в интервале т-р от –40 до 150–200 °С, давлений до 100 МПа и при небольших скоростях перемещения деталей.

По назначению У. с. делятся на след. группы: для запорной арматуры, резьбовых соединений, вакуумных устройств. Смазки для запорной арматуры (пробковые краны, прямооточные задвижки, вентили, регулирующие устройства и др.) не должны раств. в в-вах, с к-рыми они соприкасаются (прежде всего в нефти и нефтепродуктах). Поэтому при получении подобных смазок применяют полимеризованное или окисленное касторовое масло, глицерин, гликоли, α -олефины и т. д.;

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТИПИЧНЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ СМАЗОК

Смазки	Предел прочности, Па		Вязкость, Па·с		Испаряемость, % (при 150 °С; 1 ч)	Коллоидная стабильность, %	Т-ра применения, °С
	50 °С	80 °С	0 °С	20 °С			
Арматурные	30–550	0–270	400–1300	200–2500	2,6–9,3	0,7–9,0	От –25 до 130
Резьбовые							
для бурового оборудования	80–2000	30–1500	60–1300	10–500	1–6	2–8	От –30 до 200
дисульфидомолибденовые пасты	0–750	0–500	120–300	20–100	0–6,5	2–15	До 350
лейнерно-резьбовые	0–200	0–90	20–420	8–130	8–22	6–12	От –50 до 100
для легконагруженных резьб	100–600	0–200	50–200	30–90	14–60	3–35	От –50 до 100
Вакуумные и замазки	20–2000	0–1000	350–5000	250–4000	0–1,5	0,5–2,3	От –50 до 250

их загущают Al- и Zn-мылами, силикагелем, бентонитовыми глинами, сажей и др. При эксплуатации оборудования в условиях высоких давлений в смазки вводят наполнители: графит, MoS_2 , порошкообразные металлы, тальк, слюду и т. п. с размером частиц 10–20 мкм и менее.

Специальные У. с., к-рые служат для облегчения монтажа и демонтажа крепежных и трубных резьбовых соединений, особенно работающих при повышенных т-рах и нагрузках, а также для их уплотнения, содержат твердые антифрикц. добавки (графит, MoS_2 , BN, мелкодисперсный политетрафторэтилен и др.). Для герметизации вакуумных устройств используют У. с. без антифрикц. добавок, имеющие низкое давление насыщ. паров (менее 10^{-4} – 10^{-7} Па). Эти смазки приготавливают из узких фракций высокоочищенных нефтяных масел, касторового масла, а также из синтетич. масел путем загущения твердыми высокоочищенными углеводородами, Al-мылом, силикагелем и т. п.; кроме того, смазки обычно содержат полимерные добавки (полиизобутилен, каучук и др.).

Отдельную группу У. с. составляют т. наз. уплотнительные замазки, применяемые для герметизации резьбых соединений. Эти замазки получают сплавлением твердых углеводородов, мыл, полимерных материалов с небольшим кол-вом нефтяных масел.

Нек-рые характеристики У. с. приведены в таблице. В СССР на долю У. с. приходилось ок. 0,4% выпуска пластичных смазок.

Лит.: Товарные нефтепродукты, свойства и применение. Справочник, под ред. В. М. Школьников, 2 изд., М., 1978, с. 359–64; Гуреев А. А., Фукс И. Г., Лашин В. Л., Химмотология, М., 1986, с. 333–43.

А. В. Виленкин.

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ, ур-ния, выражающие связь между параметрами состояния физически однородной системы при термодинамич. равновесии. Термическое У. с. связывает давление p с объемом V и т-рой T , а для многокомпонентных систем – также с составом (молярными долями компонентов). Калорическое У. с. выражает внутр. энергию системы как ф-цию V , T и состава. Обычно под У. с., если специально не оговаривается, подразумевают термич. У. с. Из него можно непосредственно получить коэф. термич. расширения, коэф. изотермич. сжатия, термич. коэф. давления (упругости). У. с. является необходимым дополнением к термодинамич. законам. Пользуясь У. с., можно раскрыть зависимость термодинамич. ф-ций от V и p , проинтегрировать дифференц. термодинамич. соотношения, рассчитать *летучести* (фугитивности) компонентов системы, через к-рые обычно записывают условия *фазового равновесия*. Термодинамика устанавливает связь между У. с. и любым из *термодинамич. потенциалов* системы, выраженным в виде ф-ции своих естественных переменных. Напр., если известна энергия Гельмгольца (свободная энергия) F как ф-ция T и V , то $p = -(\partial F / \partial V)_T$.

У. с. не может быть получено с помощью одних только законов термодинамики, оно определяется из опыта или выводятся методами статистич. физики. Последняя задача очень сложная и м. б. решена лишь для упрощенных моделей системы, напр. для идеального газа. У. с., применяемые для реальных систем, имеют эмпирич. или полуэмпирич. характер. Ниже рассмотрены нек-рые наиб. известные и перспективные У. с.

У. с. идеального газа имеет вид $pV = RT$, где V – молярный объем, R – универсальная газовая постоянная. Этому ур-нию подчиняются реальные газы при высоких разрежениях (см. *Клапейрона – Менделеева уравнение*).

Св-ва реальных газов при небольших и средних давлениях хорошо описываются *вириальным уравнением*: $pV/RT = 1 + B_2/V + B_3/V^2 + \dots$, где B_2 , B_3 – второй, третий и т. д. вириальные коэф. фициенты. Для данного в-ва они зависят лишь от т-ры. Вириальное У. с. обосновано теоретически; показано, что коэф. B_2 определяется взаимод. пар молекул, B_3 – взаимод. трех частиц и т. д. При больших плотностях в-ва записанное выше разложение по степеням обратного объема расходится, поэтому вириальное ур-ние непригодно для описания жидкостей. Оно служит лишь для

расчета летучестей компонентов газообразных в-в. Обычно ограничиваются членом B_2/V (редко B_3/V^2). В лит. приводят эксперим. значения вириальных коэф., разработаны и теоретич. методы их определения. У. с. со вторым вириальным коэф. B_2 широко используют для моделирования газовой фазы при расчетах фазовых равновесий в случае не слишком высоких давлений (до 10 атм). Его применяют также для описания св-в разбавленных р-ров высокомогл. в-в (см. *Расчеты полимеров*).

Для практич. расчетов фазовых равновесий в широком диапазоне т-р и давлений важное значение имеют У. с., способные описать одновременно св-ва жидкой и газовой фаз. Впервые такое ур-ние было предложено Й. Ван-дер-Ваальсом в 1873:

$$p = RT(V - b) - a/V^2,$$

где a и b – постоянные Ван-дер-Ваальса, характерные для данного в-ва (см. *Ван-дер-Ваальса уравнение*). Это У. с. имеет третий порядок относительно объема V , любая изотерма при параметрах состояния, меньших критич. значений (в докритич. области), имеет три действит. положит. корня при фиксир. давлении. Наиб. из корней ур-ния соответствует газовой фазе, наименьший – жидкой; средний корень ур-ния фаз. смысла не имеет. В сверхкритич. области параметров состояния изотермы имеют лишь один действит. корень.

Кубич. зависимость давления от объема сохраняется во мн. эмпирич. модификациях ур-ния Ван-дер-Ваальса. Чаше других используют двухпараметрич. ур-ния Пенга – Робинсона (1976) и Редлиха – Квонга – Соаве (1949, 1972). Эмпирич. постоянные этих У. с. можно определить по критич. параметрам в-ва (см. *Критические состояния*). Чтобы расширить круг описываемых У. с. систем, набор рассматриваемых св-в, диапазон т-р и давлений, разработаны кубич. У. с., содержащие три и более эмпирич. постоянных. Важное преимущество кубич. У. с. – их простота, благодаря чему при расчетах с помощью ЭВМ не требуется слишком больших затрат машинного времени. Для мн. систем, образованных неполярными или слабо полярными в-вами, эти У. с. обеспечивают требуемую для практич. целей точность.

Если известны подробные эксперим. данные о p – V – T –зависимостях, для их обобщения привлекают многопараметрич. эмпирические У. с. Одно из наиб. распространенных У. с. такого типа – ур-ние Бенедикта–Вебба–Рубина (ур-ние БВР), разработанное в 1940 на основе вириального У. с. В этом ур-нии давление p представлено в виде полинома плотности в-ва с коэф. фициентами, зависящими от т-ры. Членами ряда высоких порядков пренебрегают, а для компенсации включают в ур-ние экспоненциальный член. Это приводит к появлению S-образных изотерм и дает возможность описывать жидкую фазу и равновесия жидкость – газ.

Для неполярных и слабо полярных в-в ур-ние БВР дает очень точные результаты. Для индивидуального в-ва оно содержит восемь подгоночных параметров, для смеси дополнительно вводят параметры смешанного («бинарного») взаимодействия. Оценка большого числа подгоночных параметров – задача очень сложная, требующая многочисленных и разнообразных эксперим. данных. Параметры ур-ния БВР известны лишь для неск. десятков в-в, гл. обр. углеводородов и неорг. газов. Модификации ур-ния, направленные, в частности, на повышение точности описания св-в конкретных в-в, содержат еще большее число подгоночных параметров. Несмотря на это, добиться удовлетворит. результатов для полярных в-в не всегда удается. Усложненность формы затрудняет использование У. с. этого типа при расчетах процессов дистилляции, когда необходимо выполнять многократную оценку летучестей компонентов, объема и энтальпии системы.

При описании смесей в-в эмпирич. постоянные У. с. считаются зависящими от состава. Для кубич. У. с. ван-дер-ваальсового типа общеприняты квадратичные правила смешения, согласно к-рым постоянные a и b для смеси определяют из соотношений:

$$a = \sum_i \sum_j x_i x_j a_{ij}; \quad b = \sum_i \sum_j x_i x_j b_{ij},$$

где x_i , x_j – молярные доли компонентов, величины a_{ij} и b_{ij} связывают с постоянными для индивидуальных в-в a_{ii} , a_{jj} и b_{ii} , b_{jj} согласно комбинационным правилам:

$$a_{ij} = (a_{ii}a_{jj})^{1/2}(1 - k_{ij}); \quad b_{ij} = (b_{ii} + b_{jj})/2,$$

где k_{ij} – подгоночные параметры смешанного взаимодей., определяемые по эксперим. данным. Однако квадратичные правила смешения не позволяют получить удовлетворит. результаты для т. наз. асимметричных систем, компоненты к-рых сильно отличаются по полярности и мол. размерам, напр. для смесей углеводородов с водой.

М. Гурон и Дж. Видал в 1979 сформулировали правила смешения нового типа, опирающиеся на модели локального состава, к-рые успешно передают асимметрию концентрац. зависимостей избыточного потенциала Гиббса G^E для жидких смесей и позволяют существенно улучшить описание фазовых равновесий. Суть подхода состоит в том, что приравнивают величины G^E жидкого р-ра, получаемые из У. с. и рассчитываемые согласно выбранной модели локального состава [ур-ния Вильсона, NRTL (Non-Random Two Liquids equation), UNIQUAC (UNiversal QUAsi-Chemical equation), UNIFAC (UNIQUE Functional group Activity Coefficients model); см. *Растворы неэлектролитов*]. Это направление интенсивно развивается.

Многие двухпараметрич. У. с. (Ван-дер-Ваальс, вириальное с третьим вириальным коэф. и др.) можно представить в виде приведенного У. с.:

$$f_{\text{пр}} T_{\text{пр}} V_{\text{пр}} = 0,$$

где $p_{\text{пр}} = p/p_{\text{крит}}$, $T_{\text{пр}} = T/T_{\text{крит}}$, $V_{\text{пр}} = V/V_{\text{крит}}$ – приведенные параметры состояния. В-ва с одинаковыми значениями $p_{\text{пр}}$ и $T_{\text{пр}}$ имеют одинаковый приведенный объем $V_{\text{пр}}$; совпадают также факторы сжимаемости $Z = pV/RT$, коэф. летучести и нек-рые др. термодинамич. ф-ции (см. *Соответственных состояний закон*). Более общий подход, к-рый позволяет расширить круг рассматриваемых в-в, связан с введением в приведенное У. с. дополнит. параметров. Наиб. простые среди них – фактор критич. сжимаемости $Z_{\text{крит}} = p_{\text{крит}} V_{\text{крит}}/RT_{\text{крит}}$ и ацентрич. фактор $\omega = -\lg p_{\text{пр}} - 1$ (при $T_{\text{пр}} = 0,7$). Ацентрич. фактор является показателем несферичности поля межмол. сил данного в-ва (для благородных газов он близок к нулю).

К. Питцер предложил пользоваться для расчета фактора сжимаемости линейным разложением

$$Z(T_{\text{крит}}, p_{\text{крит}}) = Z^0(T_{\text{крит}}, p_{\text{крит}}) + \omega Z^*(T_{\text{крит}}, p_{\text{крит}}),$$

где Z^0 означает фактор сжимаемости «простой» жидкости, напр. аргона, а Z^* характеризует отклонения от модели простой жидкости (см. *Жидкость*). Предложены корреляционные соотношения, определяющие зависимость $Z^0(T_{\text{крит}}, p_{\text{крит}})$ и $Z^*(T_{\text{крит}}, p_{\text{крит}})$. Наиб. известны корреляции Ли и Кесслера, в к-рых зависимость Z^0 от $T_{\text{крит}}$ и $p_{\text{крит}}$ передается с помощью ур-ния БВР для аргона. Зависимость Z^* от $T_{\text{крит}}$ и $p_{\text{крит}}$ установлена при выборе в качестве «эталонной» жидкости n -октана. Принимается, что $Z^*(T_{\text{крит}}, p_{\text{крит}}) = [Z^*(T_{\text{крит}}, p_{\text{крит}}) - Z^0(T_{\text{крит}}, p_{\text{крит}})]/\omega^*$, где ω^* – фактор ацентричности n -октана, Z^* – его фактор сжимаемости согласно ур-нию БВР. Разработана методика применения ур-ния Ли–Кесслера и для жидких смесей. Это У. с. наиб. точно описывает термодинамич. св-ва и фазовые равновесия для неполярных в-в и смесей.

Наряду с вышеупомянутыми эмпирич. У. с. важное значение приобрели ур-ния, обладающие возможностями учета особенностей структуры молекул и межмол. взаимодей. Они опираются на положения статистич. теории и результаты численных экспериментов для модельных систем. Согласно мол.-статистич. трактовке, ур-ние Ван-дер-Ваальса описывает флюид твердых притягивающихся сфер, рассматриваемый в приближении среднего поля. В новых ур-ниях уточняется прежде всего член ур-ния Ван-дер-Ваальса, обусловливаемый силами межчастичного отталкивания. Значительно точнее приближение Карнахана–Старлинга, опирающееся на результаты численного моделирования флюида твердых сфер в широком диапазоне плотностей. Оно используется во многих

У. с., однако большие возможности имеют У. с. модельных систем твердых частиц, в к-рых учитывается асимметрия мол. формы. Напр., в ур-нии BASK (Boublik–Alder–Chen–Kreglewski) для оценки вклада сил отталкивания служит У. с. флюида твердых частиц, имеющих форму гантелей. Для учета вклада сил притяжения употребляют выражение, аппроксимирующее результаты, полученные методом мол. динамики для флюида с межчастичными потенциалами типа прямоугольной ямы (см. *Молекулярная динамика*). Ур-ние BASK и его аналоги позволяют с достаточной точностью описывать смеси, не содержащие высококипящих компонентов.

Особенность описания смесей высококипящих орг. в-в – необходимость учета дополнительной вращательно-колебат. степени свободы, связанной со смешениями сегментов молекул-цепочек (напр., алкенов C_6). Для этих систем наиб. распространение получило ур-ние РНСТ (Perturbed Hard Chain Theory), предложенное Дж. Прауснитцем и М. Донахью в 1978. Индивидуальное в-во характеризуется тремя эмпирич. параметрами в ур-нии РНСТ. Комбинационные правила для смеси содержат один параметр смешанного взаимодействия. Дальнейшее усовершенствование ур-ния РНСТ основано на замене потенциала прямоугольной ямы, описывающей притяжение молекул, потенциалом Леннарда-Джонса [ур-ние PSCT (Perturbed Soft Chain Theory)] и на учете анизотропии межмол. сил [ур-ние PACT (Perturbed Anisotropic Chain Theory)]. Последнее ур-ние хорошо описывает фазовые равновесия в системах с полярными компонентами даже без использования подгоночных параметров парного взаимодействия.

Предложен ряд У. с., в к-рых в явном виде учитываются взаимодей. молекул, приводящих, напр., к образованию водородных связей (ассоциация молекул), путем нахождения равновесных концентраций ассоциатов с помощью действующих масс закона.

В 80-х гг. появились т. наз. групповые У. с. [UNIWAALS (UNIfac van-der-WAALS equation), ур-ние Сьюлда–Йоргенсена, MHV-2, дырочное ур-ние, разработанное Н. А. Смирновой и А. И. Викторовой, и др.]. Они позволяют прогнозировать св-ва широкого круга систем, зная модельные параметры для сравнительно небольшого числа структурных фрагментов (групп), из к-рых состоят молекулы компонентов.

Все возрастающий интерес к У. с. обусловлен прежде всего практич. потребностями разработки мн. совр. технологий, связанных с абсорбционным разделением в-в, эксплуатацией нефтяных и газовых месторождений и т. п., поскольку в этих случаях требуется описание и прогнозирование фазовых равновесий в широком диапазоне т-р и давлений. Однако пока не существует достаточно универс. У. с. Все упомянутые У. с. оказываются неточными при описании состояний вблизи критич. точки и не предназначены для рассмотрения критических явлений. Для этих целей разрабатываются специальные У. с., но и они пока плохо приспособлены для конкретных практич. приложений.

У. с. твердых тел определяют, напр., зависимость модулей упругости от т-ры и давления. Теоретич. расчеты свободной энергии и модулей упругости проводятся для сравнительно простых моделей твердого тела.

У. с. для систем, находящихся во внеш. поле, разрабатываются и исследуются в соответствующих разделах физики. В физике высоких давлений и т-р на основе эксперим. данных и общих теоретич. представлений разработаны модели У. с., охватывающих все агрегатные состояния, включая плотную плазму.

Лит.: Рид Р., Прауснитц Дж., Шервуд Т., Свойства газов и жидкостей, пер. с англ., Л., 1982; Уэйлес С., Фазовые равновесия в химической технологии, пер. с англ., ч. 1, М., 1989; Викторова А. И. [и др.], «Ж. прикл. химии», 1991, т. 64, № 5, с. 961–78.

Г. Л. Куранов.

УРАЛКИДНЫЕ СМОЛЫ (алкидно-уретановые смолы), модифицированные алкидные смолы. Получают их по р-ции диизоцианатов с низкомолекулярными алкидными олигомерами – продуктом взаимод. многоатомных спиртов (полиолов), многоосновных карбоновых и одноосновных высших жирных к-т. В качестве изоцианатного компонента чаще всего используют 2,4-толуи-

ленидиозианат, в качестве спиртового – глицерин, пентаэритрит; основные кислотные компоненты – многоосновные алифатич. (напр., адипиновая) или ароматич. (напр., фталевая) к-ты, а также одноосновные высшие к-ты высыхающих и полувсыхающих растит. масел.

На первом этапе жирнокислотным или моноглицеридным способом обычно получают алкидные олигомеры. При жирнокислотном способе кислотные компоненты и многоатомный спирт смешивают и р-цию проводят при т-ре 220–250 °С; при моноглицеридном способе на первой стадии из растит. масла и полиола при т-ре 245–260 °С получают неполные эфиры глицерина, к-рые на второй стадии вводят во взаимод. с фталевым ангидридом. При любом способе получения алкидных олигомер должен содержать незначит. кол-во карбоксильных групп и большое кол-во гидроксильных; по группам ОН в дальнейшем протекает взаимод. с изоцианатом.

При синтезе У.с. перед загрузкой изоцианатного компонента из полученного олигомера тщательно отгоняют воду и процесс взаимод. ведут при т-ре 80 °С; соотношение групп (NCO):(ОН) = 0,8:0,9. Получающиеся У.с. обычно не содержат своб. изоцианатных и кислотных групп, что позволяет вводить в них пигменты основного характера (напр., ZnO) и смешивать с др. пленкообразователями.

Отверждение У.с. происходит в естественных условиях в присут. сиккативов по механизму окислит. полимеризации. По сравнению с алкидными смолами, содержащими одинаковое кол-во остатков к-т (равные по т. наз. жирности), У.с. образуют более твердые, прочные, эластичные и устойчивые покрытия, обладающие повышенной водо-, атмосферно- и износостойкостью. Модифицированные У.с., получаемые с использованием диизоцианата и фталевого ангидрида, обладают также улучшенными смачивающими св-вами, более высокой р-римостью и уменьшенной склонностью к тиксотропии.

Применяют У.с. для получения лаков для полов (см. Полиуретановые лаки), грунтовок по металлу, в качестве покрытий поверхностей, имеющих контакт с морской водой, и др.

Лит.: Саундерс Дж.Х., Фриш К.К., Химия полиуретанов, пер. с англ., М., 1968; Соломон Д.Г., Химия органических пленкообразователей, пер. с англ., М., 1971; Охрименко И.С., Верхоланцев В.В., Химия и технология пленкообразующих веществ, Л., 1978. См. также лит. при ст. Алкидные смолы.

Р.А. Селина.

УРАН (лат. Uranium) U, радиоактивный хим. элемент III гр. периодич. системы, ат. н. 92, ат. м. 238,0289; относится к *актиноидам*. Стабильных изотопов не имеет. Известно 16 изотопов с мас. ч. 226–240, 242; наиб. долгоживущие изотопы ^{234}U ($T_{1/2}$ 2,45·10⁵ лет, α-излучатель), ^{235}U ($T_{1/2}$ 7,04·10⁸ лет, α-излучатель) – родоначальник радиоактивного ряда (4n+3) и ^{238}U ($T_{1/2}$ 4,47·10⁹ лет, α-излучатель) – родоначальник радиоактивного ряда (4n+2). Прир. смесь изотопов содержит 99,275% ^{238}U , 0,720% ^{235}U , 0,005% ^{234}U . Поперечное сечение захвата тепловых нейтронов ^{233}U 4,6·10⁻²⁷ м², ^{235}U 9,8·10⁻²⁷ м², ^{238}U 2,7·10⁻²⁸ м²; сечение деления ^{233}U 5,27·10⁻²⁶ м², ^{235}U 5,84·10⁻²⁶ м², прир. смеси изотопов 4,2·10⁻²⁸ м². Конфигурация внеш. электронных оболочек атома 5f³6s²6p⁶6d¹7s²; степени окисления +2, +3, +4, +5, +6 (наиб. устойчивая); электроотрицательность по Полингу 1,22; ат. радиус 0,156 нм, ионные радиусы U³⁺ 0,1024 нм, U⁴⁺ 0,089 нм, U⁵⁺ 0,088 нм и U⁶⁺ 0,083 нм.

Среднее содержание U в земной коре 3·10⁻⁴% по массе. В слое литосферы толщиной 20 км содержится ~10¹⁴ т, в морской воде 10⁹–10¹⁰ т. Важнейшие минералы: настуран U₂O₈, уранинит (U, Th)O₂, урановая соляная руда (оксиды UO₂·nH₂O–UO₂·6H₂O), карнотит K₂[(UO₂)₂(VO₄)₂]·3H₂O, туюмунит Ca[(UO₂)₂(VO₄)₂]·8H₂O. Пром. значение имеют также титанаты, напр. браннерит UTi₂O₆, силикаты – коффинит U[SiO₄]_{1-x}(OH)_{4x}, танталониобиты и гидратированные фосфаты и арсенаты уранила – урановые слюдки. Крупные месторождения У. находятся в Канаде, ЮАР, США, Австралии, Франции и др. странах.

Свойства. У. – серебристо-белый блестящий металл. Ниже 669 °С устойчива α-форма с ромбич. решеткой, $a = 0,2854$ нм, $b = 0,5869$ нм, $c = 0,4956$ нм, $z = 4$, пространств. группа *Smcm*, плотн. 19,12 г/см³; в интервале 669–776 °С устойчива β-форма с тетрагон. решеткой, $a = 1,0758$ нм, $c = 0,5656$ нм, $z = 30$, пространств. группа *P4₁/mm*, плотн. 18,11 г/см³; выше 776 °С существует γ-форма с объемноцентрированной кубич. решеткой, $a = 0,3525$ нм, $z = 2$, пространств. группа *Im3m*, плотн. 18,06 г/см³; ΔH перехода α→β 2,78 кДж/моль, β→γ 4,73 кДж/моль. Т. пл. 1135 °С, т. кип. ок. 4200 °С; рентгеновская плотн. α-U 19,16 г/см³; C_p^0 27,67 Дж/(моль·К); $\Delta H_{пл}^0$ 8,72 кДж/моль, $\Delta H_{возг}^0$ 446,7 кДж/моль; S_{298}^0 50,20 Дж/(моль·К); ур-ние температурной зависимости давления пара $\lg p$ (мм рт. ст.) = $-25230/T + 5,71$ (1980–2420 К); p 28 мкОм·см; теплопроводность 0,29 Вт/(см·К) при 343 К; температурный коэф. линейного расширения α-U 6,8·10⁻⁶К⁻¹ (573 К), 9,2·10⁻⁶К⁻¹ (773 К); модуль упругости 1758 ГПа; $\sigma_{раст}$ 0,344–1,379 ГПа (25 °С), 186,2 МПа (150 °С), 82,7 МПа (600 °С); модуль сдвига 73,1 ГПа; коэф. Пуассона 0,25; коэф. сжимаемости 97,9 ГПа; модуль упругой деформации 0,176 кПа; твердость по Виккерсу 200–300 при комнатной т-ре. При облучении нейтронами урановых блоков изменяются их размеры и форма, ухудшаются мех. св-ва в связи с накоплением продуктов деления У. Уран слабо парамагнитен, магн. восприимчивость 1,6·10⁻⁶.

У. очень реакционноспособен, взаимод. с большинством простых в-в, на воздухе покрывается черной пленкой *урана оксидов*, порошкообразный У. пирофорен. Реагирует с водой, быстро раств. в соляной и азотной к-тах, медленно – в H₂SO₄, H₃PO₄, фтористоводородной к-те, образуя соли уранила UO₂²⁺.

В водных р-рах У. может существовать в степенях окисления от +3 до +6. Стандартные окислит. потенциалы для U(IV)/U(III) –0,52 В, U(V)/U(IV) 0,38 В, U(VI)/U(V) 0,17 В, U(VI)/U(IV) 0,27 В. Для бесконечно разб. водных р-ров $\Delta H_{обр}^0$ ионов: –489 (U³⁺), –591 (U⁴⁺), –1032 (UO₂⁺), –1019 кДж/моль (UO₂²⁺). Ион U³⁺ неустойчив, разлагает воду с образованием H₂ и U⁴⁺, образуется из U⁴⁺ под действием сильных восстановителей (напр., порошка Zn) или при электр. восстановлении; U⁴⁺ устойчив в отсутствии воздуха, медленно окисляется воздухом до UO₂²⁺, гидролизует, образуется в р-рах UO₂²⁺ под действием восстановителей средней силы (напр., Na₂S₂O₆, Pb) или электрохимически; UO₂⁺ неустойчив, быстро диспропорционирует на U⁴⁺ и UO₂²⁺, наиб. устойчив при pH 2–4, образуется при восстановлении UO₂²⁺ амальгамой Zn, H₂ или электрохимически; UO₂²⁺ наиб. устойчивое состояние. У. в р-рах гидролизует при pH > 3. Ионы У. в р-рах имеют характерную окраску: U³⁺ – красную, U⁴⁺ – зеленую, UO₂⁺ – желтую. Склонность к гидролизу и комплексообразованию уменьшается в ряду U⁴⁺ > UO₂²⁺ > U³⁺ > UO₂⁺. Плохо растворимы в воде соли У. – фосфат, ванадат, сульфид, 8-гидроксидинолилат и др., а также диуранаты щелочных металлов (соли диурановой к-ты H₂U₂O₇) используются для выделения UO₂²⁺ из р-ров; иодат, фторид, оксалат, купферонат, фениларсонат – для выделения из р-ров U⁴⁺.

При нагр. У. в атмосфере H₂ при 250–350 °С образуется тригидрид UH₃ (табл. 1), к-рый раств. в воде, HNO₃ и конц. соляной и серной к-тах, не раств. в р-рах щелочей и аммиака; пирофорен; взрывается в смеси с CCl₄; при нагр. выделяет H₂; применяется для получения тонкодисперсного У.

У. образует простые галогениды UHal_n ($n = 3, 4, 5, 6$), оксигалогениды UOHal_n ($n = 1, 2, 3$) и уранилгалогениды UO₂Hal_n ($n = 1, 2$), а также комплексные и смешанные галогениды (табл. 2). Наиб. важные из них – *урана фториды*. Трихлорид UCl₃, трибромид UBBr₃ и трийодид UI₃ синтезируют взаимод. UH₃ при 350 °С соотв. с HCl, HBr и HI; UCl₃ получают также р-цией избытка UCl₄ с Al или Zn при 400 °С с послед. отгонкой AlCl₃ или ZnCl₂ и остатка UCl₄. Тетрахлорид UCl₄ синтезируют взаимод. UO₂ с CCl₄, COCl₂, S₂Cl₂, SO₂Cl₂ или PCl₅, тетрабромид UBBr₄ и

Табл. 1. – ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ УРАНА

Показатель	$\alpha\text{-U}_3\text{Si}_2$	UB_2	UB_4	UB_{12}	U_3Si_2	$\alpha\text{-USi}_2$	US	$\beta\text{-US}_2$	UP
Цвет	Серый	Серебристо-серый	Серебристо-серый	Серебристо-серый	От коричневого до черного	Светло-серый	Серо-черный	Серо-черный	Серый, черный
Сингония	Кубич.	Гексагон.	Тетрагон.	Кубич.	Тетрагон.	Тетрагон.*	Кубич.	Ромбич.*	Кубич.
Параметры решетки, нм:									
a	0,4160	0,31293	0,7075	0,44773	0,73299	0,398	0,54903	0,44803	0,55889
c	—	0,3989	0,3979	—	0,39004	0,1374	—	0,7439	—
Пространств. группа	$R\bar{m}3n$	$P6/mmm$	$P4/mbm$	$Fm\bar{3}m$	$P4/mbm$	—	$Pm\bar{3}m$	$Pbab$	$Fm\bar{3}m$
Т. пл., °C	100 ^б	2385	2495	2145	1667	1700	2462	1680	2850
Плотн., г/см ³	11,12	12,82	9,32	5,65	11,31	—	10,87	8,09	10,23
$\Delta H_{обр}^0$, кДж/моль	–126,99	–164,3 (1770 K)	—	–252,5 (2060 K)	–170,5	–129,6	–314,3	—	–262,1

^a Рентгеновская. ^б Т-ра перехода в др. кубич. форму с плотн. 10,92 г/см³. * Известна также гексагон. форма. * Наиб. устойчива; существует также тетрагон. и гексагон. ($\Delta H_{обр}^0 = 525,0$ кДж/моль) модификации.

Табл. 2. – ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЛОГЕНИДОВ УРАНА

Показатель	UCl_3	UCl_4	$\alpha\text{-UCl}_5$	$\beta\text{-UCl}_5$	UCl_6	UBr_3	UBr_4	UBr_5	UI_3	UI_4
Цвет	Оливково-зеленый	Зеленый	Красно-коричневый	Коричневый	Темно-зеленый	Красновато-коричневый	Темно-коричневый	—	Черный	Черный
Сингония	Гексагон.	Тетрагон. ^a	Моноклинная	Триклинная	Гексагон.	Гексагон.	Моноклинная	Триклинная	Ромбич.	—
Параметры решетки, нм:										
a	0,7442	0,8296	0,799	0,709	1,090	0,7936	1,092	0,7449	0,4328	—
c	—	—	1,069	0,966	—	—	0,869	1,0127	1,3996	—
e	0,4320	0,7481	0,848	0,636	0,603	0,4438	0,705	0,6686	0,9984	—
угол, град	—	—	91,5	88,5 (α), 117,6 (β), 108,5 (γ)	—	—	93,15	89,25 (α), 117,56 (β), 108,87 (γ)	—	—
Число формульных единиц в ячейке	2	4	4	—	3	2	—	—	4	—
Пространств. группа	$P6_3/m$	$I4/amd$	$P2_1n$	$P1$	$C3m$	$P6_3/m$	—	$P1$	$Cmcm$	—
Т. пл., °C	841	590 ^б	327	—	177,5	730 ^в	519 ^г	—	788	520 ^д
Плотн., г/см ³	5,51	4,87	—	—	3,59	6,55	—	—	6,76	—
$\Delta H_{обр}^0$, кДж/моль	–866,5	–1017,8	–1035,4	—	–1093,9	–648,7	–800,9	–811,8	–441,8	–508,7
S_{298}^0 , Дж/(моль·K)	158,92	197,05	242,67	—	285,33	178	242	—	238	284
$\Delta H_{вож}^0$, кДж/моль	237,4	199,0	170,1	—	74,9	307,2	224,9	—	—	229,1

^a При 547 °C полиморфный переход, ΔH перехода 11,7 кДж/моль. ^б $\Delta H_{пл}$ 49,91 кДж/моль (590 °C). ^в $\Delta H_{пл}$ 46,0 кДж/моль (730 °C). ^г $\Delta H_{пл}$ 71,69 кДж/моль (519 °C); т. кип. 765 °C, $\Delta H_{исп}$ 126,2 кДж/моль (765 °C). ^д $\Delta H_{пл}$ 23,58 (788 °C).

тетраиодид UI_4 – р-цией U соотв. с Br_2 и I_2 . Соед. UCl_4 , UBr_4 и UI_4 весьма гигроскопичны, легко раств. в воде и полярных орг. р-рителях и не раств. в неполярных орг. р-рителях.

Пентахлорид UCl_5 раств. в CCl_4 , CS_2 и тионилхлориде, взаимодей. с эфирами, спиртами, кетонами и др. орг. р-рителями; образуется при обработке UCl_4 газообразным Cl_2 при 500 °C, при взаимодей. UO_3 (или U_3O_8) с CCl_4 при 250 °C. Пентабромид UBr_5 получают при взаимодей. U с Br_2 в присут. катализатора – ацетонитрила. Гексахлорид UCl_6 гидролизуетс влагой воздуха, бурно реагирует с водой, раств. в CCl_4 и CHCl_3 , не раств. в бензоле; получают диспропорционированием UCl_5 при 120–150 °C в высоком вакууме.

Бориды: UB_2 , UB_4 , UB_{12} не раств. в воде. UB_2 разлагается конц. HNO_3 , фтористоводородной к-той, H_2O_2 ; получают взаимодей. U с B выше 1700 °C. UB_4 раств. в HNO_3 и фтористоводородной к-те, в кипящей конц. H_2SO_4 ; получают электролизом расплава U_3O_8 и H_3BO_3 при 1000 °C. UB_{12} раств. в смеси HNO_3 и H_2O_2 , горячий конц. H_2SO_4 , не раств. в горячих конц. соляной и азотной к-тах.

Силициды: U_3Si , U_3Si_2 , USi , U_3Si_5 , USi_2 , USi_3 . Соед. U_3Si_2 и USi_2 не раств. в воде и неорг. к-тах; получают из U и Si при высоких т-рах; U_3Si_2 перспективен как компонент твзлов; USi_2 , обогащенный ^{235}U , – перспективное ядерное топливо.

Сульфиды: U_2S_3 , U_3S_5 , US_2 , US_3 , US . Сульфиды US и US_2 не раств. в воде, разлагаются неорг. к-тами, US в атмосфере O_2 воспламеняется при 375 °C; получают взаимодей. U с S или H_2S с послед. гомогенизацией при 1800 °C.

Фосфиды: UP , U_3P_4 , UP_2 . Фосфид UP устойчив к окислению и гидролизу; не раств. в воде, разб. соляной к-те, разлагается кипящей HNO_3 , царской водкой; получают из простых в-в при 500–600 °C с послед. гомогенизацией при 1000 °C или взаимодей. порошка U с PH_3 при 500 °C; UP, обогащенный ^{235}U , перспективное ядерное топливо.

Известны соед. U с Ge, Sn, Pb, Te и др. См. также Урана карбиды, Урана нитриды, Уранаты, Уранорганические соединения.

Получение. Технология U. тесно связана с урановым топливным циклом (см. Ядерный топливный цикл) и состоит из четырех составных частей, отличающихся изотопным составом перерабатываемых в-в и целями переработки. Производят: соед. U. с прир. соотношением изотопов (цель – концентрирование и очистка, подготовка к разделению изотопов или произ-ву Pu); соед., обогащенные изотопом ^{235}U (цель – произ-во твзлов ядерных энергетич. установок в виде диоксида или сплавов U, а также ядерного оружия); соед., обедненные изотопом ^{235}U (цель – безопасное хранение, применение вне энергетики); соед., полученные из облученного ядерного горючего (т. наз. радиохим. произ-во, цель – отделение от Pu и Np, очистка от продуктов деления, подготовка к разделению изотопов и повторному изготовлению твзлов). Кроме того, создаются основы технологии U. применительно к уран-ториевому ядерному топливному циклу (высокотемпературные газовые ядерные реакторы с топливом из ^{232}Th и ^{233}U в виде смешанных диоксидов или карбидов) и к уран-плутониевому циклу (реакторы на быстрых нейтронах с топливом из ^{239}Pu и ^{238}U в виде смешанных диоксидов).

Переработка природных соед. У. включает обогащение руд (получение рудных концентратов), ураново-рудный передел (получение хим. концентратов), аффинаж (получение чистых соед. У., в частности UF_4), сублиматное (гексафторидное) и металлургич. произ-ва. Для обогащения руд используют радиометрич., гравитационные, реже флотаци. методы, магн. сепарацию (см. *Обогащение полезных ископаемых*). Рудные концентраты обычно подвергают выщелачиванию с добавкой окислителей (MnO_2 , $NaClO_3$, H_2SO_4 и др.), концентрируют У. с помощью ионообменной сорбции, осаждают диураты водным р-ром $NaOH$ или NH_3 и прокаливают до U_3O_8 (хим. концентрат). Рудные концентраты с высоким содержанием карбонат-ионов выщелачивают р-рами Na_2CO_3 . Этот процесс, а также сернокислотное выщелачивание сульфидосодержащих руд часто проводят под давлением в автоклавах, используя в качестве окислителя O_2 . Все большее значение приобретает экологически и экономически более выгодное подземное и кучное выщелачивание. В заметных масштабах извлекают У. при переработке фосфатных руд, в частности экстракцией из техн. H_3PO_4 , а также сорбцией из морской и др. прир. вод.

Для аффинажа У. применяют методы жидкостной экстракции (обычно трибутилфосфатом из азотокислых сред), сочетая их с сорбцией на ионообменной смоле и осаждением в виде уранатов. Очищенные р-ры солей $U(VI)$ восстанавливают до $U(IV)$, из них осаждают UF_4 , к-рый сушат и прокаливают. По др. способу получают UO_3 , к-рый восстанавливают H_2 и далее фторируют образовавшийся UO_2 газообразным HF . На сублиматных заводах UF_4 фторируют до UF_6 , на металлургических – восстанавливают Са или Mg до металла.

Разделение изотопов У. проводят методом диффузии UF_6 через пористые мембраны или с помощью центрифуг. Разрабатывают высокоэффективные лазерные методы. Обогащенный изотопом ^{235}U (до содержания не менее 2,5–3,0%) поток UF_6 гидролизуют водными р-рами, осаждают и прокаливают осадок, либо подвергают восстановит. пиролизу влажным H_2 до UO_2 . Обогащенный изотопом ^{235}U (до содержания 0,2–0,4%) UF_6 восстанавливают до UF_4 и далее до металла, либо подвергают пиролизу до U_3O_8 .

Твэлы после удаления оболочки растворяют в HNO_3 , а р-р очищают методом многоступенчатой экстракции с использованием трибутилфосфата. Очищенный р-р $UO_2(NO_3)_2$ упаривают, подвергают денитрации и (при необходимости корректировки изотопного состава) превращают полученные оксиды в UF_6 . Используют также осаждение и прокаливание оксалата уранила $UO_2C_2O_4 \cdot 3H_2O$ или пероксида $UO_4 \cdot 2H_2O$.

Определение. Качественно У. обнаруживают: по яркой желто-зеленой флуоресценции UO_2^{2+} в присут. NaF под действием УФ излучения; по образованию желтой окраски при добавлении H_2O_2 к карбонатному р-ру или KCNS к кислым р-рам; по красно-бурой окраске р-ра в присут. ферроцианида К или 8-гидрооксихинолина и др.

Количественно У. определяют: гравиметрически в виде U_3O_8 , $(UO_2)_2P_2O_7$ и др.; титриметрически в виде U^{4+} с использованием для титрования $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ и др.; фотометрически – по собств. окраске ионов У. Субмикrogramмные кол-ва У. (10^{-6} – 10^{-10} г) определяют люминесцентным методом. Применяют также электрохим. (полярография, потенциометрия, кулонометрия), радиометрич. (уд. α -активности ^{235}U и ^{238}U составляет соотв. 0,08 и 0,012 Бк/мкг), нейтронно-активационный (с использованием нуклидов ^{239}U , ^{239}Np или продуктов деления У.) и атомно-эмиссионный методы анализа.

Применение. У. используют гл. обр. в виде диоксида или сплавов в качестве ядерного топлива в ядерных реакторах на атомных электростанциях и в двигателях крупных транспортных ср-в (корабли, атомные лодки). При делении ядер 1 кг ^{235}U выделяется ок. $2 \cdot 10^7$ кВт·ч энергии. ^{235}U – источник энергии в ядерном оружии. Критич. масса ^{235}U 50 кг (плотн. $19,5$ г/см³, критич. радиус 9 см). ^{238}U применяют для получения ^{239}Pu . ^{235}U – вторичное ядерное топливо. Обогащенный

изотопом ^{235}U У. используют в бронебойных снарядах и пулях и др. См. также *Урана сплавы*.

Мировая добыча У. в нач. 80-х гг. 20 в. составляла ок. 50 тыс. т в год (без СССР).

Впервые У. в виде UO_2 открыл М. Клапрот в 1789, металл. У. получил Э. Пелиго в 1841.

У. – обшклеточный яд, поражает все органы и ткани; его действие обусловлено хим. токсичностью и радиоактивностью. ПДК для растворимых соед. У. $0,015$ мг/м³, для нерастворимых – $0,075$ мг/м³. Осн. мероприятия по борьбе с загрязнением воздушной среды пылью при добыче и переработке У.: макс. механизация процессов, герметизация оборудования, использование мокрых способов переработки сырья. Мн. операции на радиохим. произ-вах проводят дистанционно, с применением биол. защиты.

Лит.: Громов Б. В., Введение в химию урана, М., 1978; Химия урана, под ред. Б. Н. Ласкорина, М., 1981; Химия урана, под ред. Б. Н. Ласкорина, Б. Ф. Мясоедова, М., 1989; Chemistry of the actinide elements, 2 ed., v. 1, N. Y., 1986, p. 169–442. Б. Ф. Мясоедов, Э. Г. Раков.

УРАНА КАРБИДЫ: карбид UC , сесквикарбид U_2C_3 , дикарбид UC_2 (табл.).

ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБИДОВ УРАНА

Показатель	UC	U_2C_3	UC_2
Цвет	Черный	Черный	Светло-серый
Сингония	Кубич.	Кубич.	Тетрагон.
Параметры решетки, нм:			
a	0,4960	0,8088	0,3526
c	—	—	0,6002
Пространств. группа	$Fm\bar{3}m$	$I43d$	$I4/mmm$
Т. пл., °C	2400	> 1800**	2500***
Плотн., г/см ³	13,63	12,88	11,68
C_p , Дж/(моль·К)	50,12	107,36	60,75
$\Delta H_{обр}^0$, кДж/моль	– 97,9	– 183,3	– 85,4
S_{298}^0 , Дж/(моль·К)	59,20	137,80	68,32
Теплопроводность, Вт/(м·К)	21,6	6,58	3,24
	(298 К)	(317–2073 К)	(298 К)
	23,6		
	(2573 К)		
Температурный коэф. линейного расширения, $10^{-6}K^{-1}$	10,1	10,7	13,4
	(298 К)	(293 К)	(293–1123 К)
	23	18,5	
	(2773 К)	(1923 К)	
ρ , мкОм·м	0,37	1,6	0,67
	(298 К)	(40 К)	(273 К)
	2,6	2,48	2,83
	(2073 К)	(298 К)	(1773 К)

* Рентгеновская. ** Т-ра разложения. *** Т. кип. 4370 °C.

У. к. – кристаллы, пирофорны, разлагаются водой при комнатной т-ре с образованием смеси углеводородов (C_2H_6 , CH_4 и др.), неорг. к-тами, плохо раств. в спиртах. При повышенных т-рах реагируют с CO (образуя оксикарбиды), CO_2 и N_2 . Карбид UC получают взаимодей. с или CH_4 с металл. У при 625–900 °C или восстановлением UO_2 или U_3O_8 коксом при 1800–1900 °C. Сесквикарбид U_2C_3 синтезируют при нагр. смеси UC и UC_2 при 1250–1800 °C в вакууме или разложением UC_2 при 1300–1600 °C. Дикарбид UC_2 получают взаимодей. У или его оксидов с С или CH_4 выше 2400 °C. Обогащенные ^{235}U У. к. UC и UC_2 – ядерное топливо для высокотемпературных реакторов (компоненты керамич. или дисперсионных твэлов).

Для У. к. ПДК $0,075$ мг/м³.

Б. Ф. Мясоедов.

УРАНА НИТРИДЫ: нитрид UN, сесквинитрид U_2N_3 и динитрид UN_2 , черные (UN – серые или черные) кристаллы (табл.). У. н. легко окисляются на воздухе, разлагаются парами воды, трудно раств. в к-тах, инертны к действию р-ров щелочей, но разлагаются их расплавами. Нитрид UN имеет т. пл. 2855 °C, устойчив в вакууме до 1700 °C; получают взаимодей. У или гидроксида У с N_2 или NH_3 , разложением высших нитридов У при 1300 °C или их восстановлением металл. ураном. Нитрид U_2N_3 известен в двух полиморфных модификациях: кубич. α и гексагон. β ($a = 0,3688$ нм, $b = 0,5839$ нм), выделяет N_2 в вакууме выше 800 °C; получают восстановлением UN_2

ХАРАКТЕРИСТИКА НИТРИДОВ УРАНА

Показатель	UN	α -U ₂ N ₃	UN ₂
Сингония	Кубич.	Кубич.	Кубич.
Параметры решетки, нм:	0,4889	1,0678	1,0628
Пространств. группа	Fm3m	la3	—
Плотн., г/см ³	14,32*	11,24*	—
C_p^0 , Дж/(моль·К)	47,78	52,7**	62,7
ΔH_f^0 , кДж/моль	—309,3	—385,8**	—431
S_{298}^0 , Дж/(моль·К)	62,41	64,50**	67,3

* Рентгеновая. ** Для UN_{1,50}.

водородом. Динитрид UN₂ синтезируют р-цией U с N₂ при высоком давлении N₂. У. н. UN, обогащенный ²³⁵U, — перспективное ядерное топливо.

Для У. н. ПДК 0,075 мг/м³.

Б. Ф. Мясоедов.

УРАНА ОКСИДЫ: UO₂, U₃O₈, U₄O₉ и UO₃. Диоксид UO₂ (минерал уранинит) — черно-коричневые кристаллы (табл.); при 30,44 К происходит фазовый переход парамагнетик → антиферромагнетик; начиная с ~2000 К наблюдается аномальный рост теплоемкости; температурный коэф. линейного расширения $9,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (293–373 К), $1,08 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ (1173–1273 К); твердость по Моосу 6–7; в воде не раств., не взаимодей. с H₂, CO, газообразным HCl; с CCl₄ в присут. CS₂ при 450 °C образует UCl₄; в атмосфере O₂ при t-ре ниже 250 °C образует оксиды состава UO_{2+x} (x = 0–3,34). Получают UO₂ восстановлением U₃O₈ или UO₃ водородом при t-ре выше 500 °C, термич. разложением UO₂C₂O₄ или (NH₄)₂[UO₂(CO₃)₃] в восстановит. или инертной атмосфере, восстановлением UO₂F₂ влажным H₂. UO₂, обогащенный ²³⁵U, — ядерное топливо; минерал — исходное в-во в произ-ве U, UF₄ и др. соед. урана.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОКСИДОВ УРАНА

Показатели	UO ₂	α -U ₃ O ₈	β -UO ₃	U ₄ O ₉
Сингония	Кубич.	Ромбич.	Моноклинная*	Кубич.
Параметры решетки, нм:				
a	0,54704	0,6716	1,034	—
b	—	1,196	1,433	—
c	—	0,4147	0,3910	—
Пространств. группа	Fm3m	C2mm	—	—
T. пл., °C	2850 ^a	> 1500 ^b	677 ^c	~1000 ^b
Плотн., г/см ³ (рентгеновая)	10,964	8,395	7,29 ^d	—
C_p^0 , Дж/(моль·К)	73,6	238,0	81,7	293,3
ΔH_f^0 , кДж/моль	—1085,0	—3574,8	—1223,8	—4512
S_{298}^0 , Дж/(моль·К)	77,0	282,6	96,1	334,1

^a $\Delta H_{пл}^0$ 78 кДж/моль; $\Delta H_{вог}^0$ 605 кДж/моль (0 К). * Т-ра разложения. * Угол $\beta = 99,03^\circ$. * Т-ра начала диссоциации на воздухе; $\Delta H_{вог}^0$ 424 кДж/моль (0 К).

^b Экспериментальная.

Октаоксид триурана U₃O₈ (минерал настуран) — зелено-черные кристаллы; до 210 °C существует α -U₃O₈ с ромбич. решеткой, выше 210 °C — β -форма с ромбич. решеткой (a = 0,7068 нм, b = 1,1445 нм, c = 0,8303 нм, пространств. группа Stct), по др. данным — с гексагон. решеткой; предполагают существование и др. модификаций. U₃O₈ не раств. в воде; получают его термич. разложением мн. кислородсодержащих соед. U (кроме фосфатов) выше 500 °C или окислением UO₂. Октаоксид — осн. компонент урановых хим. концентратов, весовая форма при количеств. определении урана.

При термич. разложении U₃O₈, начиная с 1500 °C, в равновесии с O₂ при атм. давлении находится нанооксид тетраурана U₄O₉.

Триоксид урана UO₃ — кристаллич. или аморфное в-во от светло-желтого до оранжевого цвета; существует в след. полиморфных модификациях: α с ромбич. решеткой (a = 0,684 нм, b = 4,345 нм, c = 0,4157 нм), β с моноклинной решеткой, γ с ромбич. решеткой (a = 0,9813 нм, b = 1,993 нм, c = 0,9711 нм), σ с кубич. решеткой (a = 0,416 нм), ϵ с триклинной решеткой (a = 0,4002 нм, b = 0,3841 нм,

c = 0,4165 нм, $\alpha = 98,10^\circ$, $\beta = 90,20^\circ$, $\gamma = 120,17^\circ$) и η с ромбич. решеткой (a = 0,7511 нм, b = 0,5466 нм, c = 0,5224 нм); на образование той или иной модификации оказывают влияние структура исходного в-ва и условия получения. UO₃ образует гидраты, разлагается на воздухе при 400 °C, восстанавливается H₂ выше 500 °C до UO₂. Получают его разложением нитрата уранила UO₂(NO₃)₂ при 500 °C, пероксида UO₄(H₂O)_n при 400–500 °C или гидратов при 450 °C. Применяют как компонент пигментов.

Прокаливанием У. о. с солями или оксидами щелочных, щел.-зем. или нек-рых переходных металлов получают уранаты.

Для У. о. ПДК 0,075 мг/м³.

Б. Ф. Мясоедов.

УРАНА СПЛАВЫ, сплавы на основе урана. Применяются пл. обр. в качестве ядерного топлива в тепловыделяющих элементах (ТВЭлах). Использование чистого урана ограничено из-за плохих мех. св-в. У. с., особенно подвергнутые термич. обработке, отличаются от чистого урана более высокими мех. св-вами, что обусловлено образованием в них твердых р-ров или интерметаллич. соединений с легирующими элементами.

Элементы, входящие в состав У. с., должны обладать миним. величиной сечения захвата нейтронов, что позволяет уменьшать загрузку в реактор обогащенного урана. Особое внимание уделяется совместимости сплавов с материалом оболочки ТВЭлов при рабочих t-рах, а также их обрабатываемости.

У. с. условно делят на две группы. В первую входят сплавы с элементами, обладающими малой р-римостью в α -, β - и γ -фазах урана (Al, Be, Fe, Si, Ta, Cr и др.), во вторую — сплавы с элементами, обладающими большой р-римостью в γ -фазе: Nb, Zr, Ti, Ru, Hf — полная взаимная р-римость, Mo, U, Re и др. — р-римость более 10 ат. %.

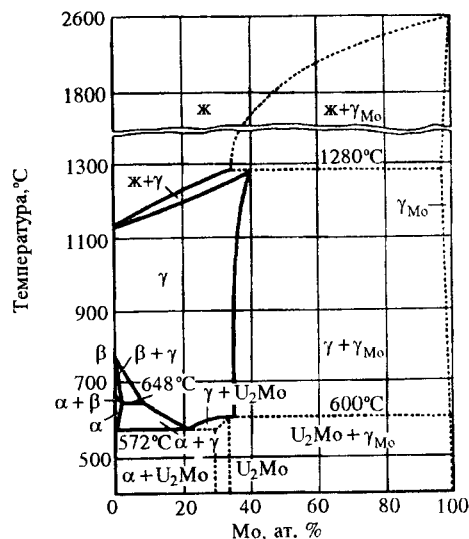


Диаграмма состояния системы U-Mo.

На рис. приведена, как наиб. характерная, диаграмма состояния системы U-Mo. Сплавы, содержащие до 33,3 ат. % Mo, в равновесном состоянии при нормальных условиях имеют структуру α -U + U₂Mo. При закалке в сплавах с относительно небольшим содержанием Mo образуется мартенситная структура пересыщенного твердого р-ра на основе α -фазы — α' - и α'' -фазы; при закалке У. с. с относительно высоким содержанием Mo (более 12 ат. %) образуется структура на основе γ -фазы — γ' - и γ'' -фазы.

α' -Фаза (до 4,5 ат. % Mo) представляет собой пересыщенный твердый р-р на основе α -U, в решетке к-рого параметр b последовательно уменьшается с увеличением содержания Mo. α'' -Фаза (4,5–10 ат. % Mo) отличается от α' -фазы не-

большим моноклинным искажением ромбич. ячейки. Элементарная ячейка γ -фазы основана на удвоенной по всем направлениям объемноцентрированной кубич. ячейке γ -U ($a = 0,6884$ нм для сплава с 12,4 ат. % Мо, пространственная группа $Im\bar{3}m$, $z = 16$) и содержит 16 атомов в неупорядоченном состоянии, 8 из к-рых на $\sim 0,001$ нм смещены в направлениях осей третьего порядка. Структура γ -фазы для сплава с 10,5 ат. % Мо ($a = 0,6960$ нм, $c = 0,6782$ нм, пространственная группа $I42m$, $z = 16$) отличается от γ -фазы небольшим тетрагональным искажением ячейки; при этом величина смещения атомов возрастает до $\sim 0,002$ нм.

В зависимости от содержания Мо в сплаве происходит также изменение межатомных расстояний в структурах метастабильных фаз и соответствующее изменение твердости закаленных и отпущенных сплавов. Все эти изменения приводят к снижению твердости закаленных сплавов в области α'' -фазы, несмотря на то, что легирование Мо увеличивает прочность сплава.

У.с. хорошо сохраняют мех. прочность при повышенных т-рах, отличаются коррозионной стойкостью в воде при высоких давлениях и т-рах; изделия из них не изменяют форму и размеры при облучении и колебаниях т-ры. Сплавы, содержащие до 10 ат. % Мо, после закалки из области γ -фазы и послед. отпуска при 400–450 °С характеризуются высокой твердостью по Виккерсу (до 570 HV).

ХАРАКТЕРИСТИКА ФТОРИДОВ УРАНА

Показатель	UF ₆	α -UF ₅	β -UF ₅	U ₂ F ₉	UF ₄	UF ₃	UO ₂ F ₂	UOF ₄
Цвет	Желтоватый	Голубоватый	Голубоватый	Черный	Зеленый	Красновато-фиолетовый	Желтый	Желтый
Сингония	Ромбич.	Тетрагон.	Тетрагон.	Кубич.	Моноклинная ^б	Гексагон.	Тригон. ^г	Тетрагон.
Параметры решетки, нм:								
<i>a</i>	0,9924	0,6525	1,1473	0,8462	1,1273	0,7179	0,5754	1,14743
<i>b</i>	0,8954	—	—	—	1,0753	—	—	—
<i>c</i>	0,5198	0,4472	0,5208	—	0,8404	0,7345	—	0,52043
Число формульных единиц в ячейке	4	2	8	4	12	1	1	8
Т. пл., °С	64,0 ^а	348	Разл.	Разл.	1036 ^а	1500	1030	Разл.
Плотн., г/см ³	5,06	5,81	6,45	7,09	6,72	8,54	6,44	6,40
<i>S</i> ₂₉₈ ^о , Дж/(моль·К)	167	134	—	—	115,9	—	103	—
$\Delta H^\circ_{обр}$, кДж/моль	-2197	-2079	-2071	-4014	-1920	-1508	-1660	—
<i>S</i> ₂₉₈ ^о , Дж/(моль·К)	227,6	188	—	—	151,7	117	135	—

^а Т. возг. 56,5 °С; $\Delta H^\circ_{возг}$ 48,07 кДж/моль (56,5 °С). ^б $\beta = 126,33^\circ$. ^г Т. кип. 1730 °С. ^д $\alpha = 42,73^\circ$.

Наиб. высокими мех. св-вами обладают трехкомпонентные (тройные) сплавы, легированные Мо и Nb, Мо и Zr, Мо и Ti, Nb и Zr. Тройные У.с. по прочности не уступают высокопрочным легированным сталям ($\sigma_{раст} \geq 1600$ МПа, удлинение $\delta \geq 6\%$). Большой практич. интерес в качестве ядерного топлива представляют сплавы U–Al и U–Si в виде соединений UAl₃, U₃Si и U₃Si₂; в сплав U–Al для стабилизации фазы UAl₃ и предотвращения р-ции UAl₃ + Al \rightarrow UAl₄ вводят до 3% Si. Эти сплавы хорошо удерживают газообразные продукты деления и имеют высокую радиационную стойкость.

В У.с. с актиноидами Nr и Pu, наиб. близкими к У по электронной структуре и величине атомных радиусов, образуется непрерывный ряд твердых р-ров на основе γ -фазы У, а также широкие области твердых р-ров на основе β - (до 26 ат. % Nr и ~ 20 ат. % Pu) и α -фазы (до 43 ат. % Nr и ~ 15 ат. % Pu). Сплавы U–Pu являются основой для т. наз. смешанного ядерного топлива.

В качестве исходного материала для облучения в реакторах с целью произ-ва Pu используют т. наз. нормализованный уран – малолегированные сплавы У с содержанием (по массе) 0,04–0,12% Al, 0,02–0,04% Fe и 0,03–0,11% С либо 0,01–0,05% Fe и 0,01–0,03% Si; такие сплавы обладают мелкозернистой структурой и повышенными, по сравнению с нелегированным У, мех. св-вами.

У.с. получают пл. обр. путем совместного плавления компонентов в вакуумных индукционных или дуговых печах, а также методом электроннолучевой плавки. Из У.с. методом литья или обработки давлением изготавливают теплоделя-

ющие элементы, детали контейнеров для хранения радиоактивных источников, нек-рые детали самолетов (гирокоспы, лопадки турбин, балансиры), наконечники бронебойных снарядов; применяют их также в качестве защиты от излучения ядерных реакторов.

Лит.: Сокурский Ю.Н., Стерлин Я.М., Федорченко В.П., Уран и его сплавы, М., 1971; Вопросы атомной науки и техники, сер. Материаловедение и новые материалы, под ред. Н.Т. Чеботарева, в. 3, М., 1990; Кац Дж., Сибборг Г., Морес Л., Химия актиноидов, пер. с англ., т. 1, М., 1991. Н.Т. Чеботарев.

УРАНА ФТОРИДЫ: UF_х, где $x = 6, 5, 4$ и $3, U_2F_9$ и U_4F_{17} , UO₂F₂, UO₃F₂, UOF₄ и др. оксифториды, гексафтороурановая к-та HUF₆·*n*H₂O и др., фтороураты, напр. Na₂UF₈. Многие У.ф. при 200–400 °С разлагаются с выделением UF₆, по схемам UF₅ \rightarrow U₂F₉ \rightarrow U₄F₁₇ \rightarrow UF₄ и UOF₄ \rightarrow U₃O₅F₈ \rightarrow UO₂F₂.

В технологии урана UF₆ и UF₄ – ключевые в-ва; UO₂F₂ и нек-рые комплексные У.ф. – промежуточные в-ва отдельных стадий произ-ва.

Гексафторид UF₆ (табл.) легко возгоняется и дымит во влажном воздухе; ур-ние температурной зависимости давления пара над твердым UF₆ $\lg p(\text{Па}) = 23,99593 - 3123,479/T - 3,77962 \lg T$, над жидким – $\lg p(\text{Па}) = 20,724933 - 2065,679/T - 3,72662 \lg T$; раств. в орг. р-рителях, жидком HF. Гидролизуетс водой и ее парами до UO₂F₂; взаимодей. с MF, где M = Li, Na, K, NH₄⁺, NO⁺ и др., нек-рыми MF₂, образуя

фтороураты (VI); при нагр. восстанавливается H₂, NH₃, CCl₄ до UF₄. Его получают взаимодей. UF₄ реже оксидов U, с F₂ (в пром-сти р-цию проводят в пламени смеси H₂ и F₂), очищают ректификацией. UF₆ используют при разделении изотопов U методами газовой диффузии и центрифугирования, как исходное в-во в произ-ве UO₂ для твэллов.

Тетрафторид UF₄ гигроскопичен, образует кристаллогидраты; плохо раств. в воде (1,6·10⁻⁴ моль/л), лучше в к-тах, разлагается р-рами карбонатов металлов. При нагр. во влажном воздухе подвергается окислению и пиролизу до U₃O₈ и UO₂F₂, в O₂ в присут. катализатора образует UF₆ и UO₂F₂; восстанавливается H₂ до UF₃, Ca, Mg – до U. Его получают осаждением из р-ров U⁴⁺ с послед. сушкой и прокаливанием, взаимодей. UO₃ с газообразным HF при 300–500 °С, восстановлением UF₆ в пламени смеси H₂ – F₂ или орг. в-вами, м. б. получен термич. разложением (NH₄)₂UF₆ или NH₄UF₅.

Уранилфторид UO₂F₂ при нагр. выше 800 °С разлагается до UF₆, U₃O₈ и O₂ с частичной возгонкой; гигроскопичен, образует кристаллогидраты; хорошо раств. в воде (ок. 65% по массе при 25 °С); получают гидролизом или пиролизом UF₆, взаимодей. UO₃ с газообразным HF.

Лит.: Химия и технология фтористых соединений урана, М., 1961; Химия фтористых соединений актиноидов, М., 1963; Гагаринский Ю.В., Хрипин Л.А., Тетрафторид урана, М., 1966; Шербаков В.И., Зуев В.А., Парфенов А.В., Кинетика и механизм фторирования соединений урана, плутония, испущения фтором и галогенфторидами, М., 1985; Зуев В.А., Орехов В.Т., Гексафториды актиноидов, М., 1991; Химия актиноидов, под ред. Дж. Каца, Г. Сибборга, Л. Мореса, пер. с англ., М., 1991. Э.Г. Раков.

УРАНАТЫ, соед. оксидов урана с более основными оксидами др. элементов. У(VI), к-рые можно рассматривать как соли урановой H_2UO_4 , гипотетич. диурановой $H_2U_2O_7$ и полиурановых $H_2U_nO_{3n+1}$ к-т, имеют желтый или желто-оранжевый цвет.

У. не раств. в воде, хорошо раств. в минеральных к-тах, разлагаются карбонатными р-рами. Получают их спеканием стехиометрич. количеств UO_3 с др. оксидами. Диуранаты, кроме того, получают осаждением из водных р-ров солей U(VI).

Однозарядные катионы (Na, K и нек-рые др.) образуют моноуранаты состава M_2UO_4 , реже $2M_2O \cdot UO_2$, а также диуранаты $M_2U_2O_7$; двухзарядные катионы (Mg, Ca, Ba, Cu, Pb, Mn, Fe и др.) образуют моноуранаты состава MUO_4 , реже M_3UO_6 , а также диуранаты MU_2O_7 . К полиуранатам относится, напр., $Na_2U_6O_{19}$.

Спеканием оксидов получены У(VI) более сложного состава, напр., $3Na_2O \cdot 7UO_3$, а также соед. U в др. степенях окисления, напр., У(V) $NaUO_5$. Осаждением из водных р-ров солей U(VI) синтезирован «диуранат» аммония, отвечающий ф-ле $(NH_4)_2U_2O_7$. При взаимодействии оксидов урана в щелочных или карбонатных р-рах с H_2O_2 выделены р-римые перуранаты, напр. Na_2UO_5 .

Нек-рые У. встречаются в природе в виде редких минералов, напр. $Na_2U_2O_7$ — кларкит.

У(VI) применяют при получении урана и его соед.: из р-ров солей U(VI) действием аммиака осаждают диуранат аммония $(NH_4)_2U_2O_7$, к-рый высушивают и прокачивают при т-рах выше 400 °С до оксидов урана (U_3O_8 , UO_2 , UO_3). Э. Г. Раков.

УРАНОГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, содержат связь U—O. Степень окисления урана в У. с., как правило, +3 и +4. Электронная плотность связи металл–лиганд смещена в сторону лиганда ($U^{6+} \rightarrow L^{6-}$); в этой связи существенна ковалентная составляющая, обусловленная участием f-орбиталей U. Связь U с орг. лигандом может осуществляться по π- или σ-типу. Наиб. изучены π-комплексы, содержащие циклопентадиенильные (Cp) лиганды или их замещенные производные ф-л Cp_3U , Cp_4U , Cp_3UX , Cp_2UX_2 , $CpUX_3$ (X — σ-связанные орг. группы или ацидные лиганды), и π-комплексы, содержащие циклооктатетраеновые (Cot) лиганды ф-л $(Cot)_2U$ (ураноцен) и $(Cot)UX_2(Sol)_2$ (X — ацидный лиганд, Sol — молекулы р-рителя с n-донорными атомами).

Известны также производные Li_2UR_6 (эфир)₈, Li_2UR_8 (диоксан)₃ с σ-связанными группами и тетрааллильные производные урана.

Хим. св-ва У. с. изучены мало. Обнаружено сходство в поведении У. с. и изолигандных соед. ряда лантаноидов.

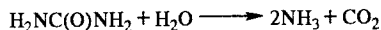
Синтезируют У. с. обычно взаимодействием галогенидов урана и циклопентадиенидов или циклооктатетраенидов щелочных или щел-зем. металлов. Часто используют циклопентадиенид Ti.

У. с. проявляют каталитич. св-ва в процессах димеризации, гидрирования и дегидрирования, изомеризации и олигомеризации неопределенных соединений. Обнаружена возможность легкого внедрения малых молекул по σ-связи U—C и U—элемент. Практич. применения У. с. пока не нашли.

Лит.: Comprehensive organometallic chemistry, v. 3, Oxf., 1982, p. 173–270. Д. А. Леменовский.

УРАЦИЛ, см. Пиримидиновые основания.

УРЕАЗА, фермент класса гидролаз, катализирующий гидролиз мочевины:



Катализирует также расщепление (но со значительно меньшей скоростью) гидрокси- и дигидроксимочевины.

У. из бобов (Jack bean) имеет мол. м. ок. 550 тыс. и состоит из одинаковых каталитически активных субъединиц, мол. м. к-рых ок. 91 тыс. (установлена их первичная структура). Каждая субъединица содержит ион Ni^{2+} , необходимый для проявления ферментативной активности. В активный центр входит остаток цистеина в положении 592, локализованный

в области, богатой остатками гистидина. Оптимальная каталитич. активность У. проявляется при pH 6,5–7,5; pI 5,0–5,1.

У. содержится у большого числа бактерий и высших растений. В организме человека и животных образуется бактериальной флорой.

Ингибируется У. пероксидом водорода, N-этилмалеинимидом, ионами Hg^{2+} , Pb^{2+} , Ag^+ . Сохраняет активность в 8M р-ре мочевины.

У. играет важную роль в круговороте N_2 в природе, разлагая выделяемую животными мочевину на CO_2 и NH_3 . Последний используется почвенными бактериями для биосинтеза белка.

У. применяют в медицине для определения содержания мочевины в крови и моче при ряде заболеваний почек и печени.

Лит.: Reithel F.J., в кн.: The Enzymes, 3 ed., v. 4, N.Y.—L., 1971, p. 1–21; Mamiya G. [a.o.], «Journal of Protein Chemistry», 1987, v. 6, № 1, p. 55–59. Л. Д. Руми.

УРЕИДЫ, N-ацильные производные мочевины, N-карбамилзамещенные амиды карбоновых к-т. К У. относят также производные мочевины и гидроксид- или альдегидокислот, напр. гидантоиновую к-ту $NH_2CONHCH_2COOH$ и ее циклич. производное — *гидантоин*. У.—высокоплавкие кристаллич. в-ва, обычно трудно раств. в воде и этаноле (табл.). По хим. св-вам — типичные *амиды карбоновых кислот*. Легко гидролизуются до соответствующей к-ты, NH_3 и CO_2 . Для циклич. У., напр. *барбитуровой кислоты* и ее производных, характерна кето-енольная и лактам-лактимная таутомерия.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ УРЕИДОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С
Формилмочевина $HCONHCONH_2$	88,066	168
Ацетилмочевина $CH_3CONHCONH_2$	102,093	218–219
Гидантоиновая к-та $NH_2CONHCH_2COOH$	118,092	180*
Диацилмочевина $CH_3CONHCONHCOCH_3$	144,130	152
Оксалуровая к-та $H_2NCONHCOCOOH$	132,076	187
Оксалауримид $H_2NCONHCOCONH_2$	131,091	310
Парабановая к-та (оксалилмочевина)	114,060	243
Барбитуровая к-та (малонилмочевина)	128,087	248*

* С разложением.

Получают У. действием карбоновых к-т, их ангидридов, хлорангидридов или сложных эфиров на мочевину. При р-ции с монокарбоновыми к-тами и их производными образуются У. линейного строения, напр. формилмочевина; при р-ции с дикарбоновыми к-тами и их производными — У. двух типов: кислые У., или уреидокислоты, напр. оксалуровая к-та, и средние У. циклич. строения, напр. парабановая к-та.

Наиб. практич. применение имеют У. монозамещенных бромсодержащих к-т (бромурал) и производные барбитуровой к-ты (барбитураты), используемые как снотворные.

Лит.: Мелентьева Г. А., Фармацевтическая химия, 2 изд., т. 1, М., 1976; Беликов В. Г., Фармацевтическая химия, М., 1985. С. К. Смирнов.

УРЕТАНОВЫЕ ЭЛАСТОМЕРЫ (полиуретановые эластомеры), полимерные материалы на основе *полиуретанов*. Характеризуются высокими прочностью и эластичностью, высоким сопротивлением ударным нагрузкам и гидроабразивному износу, стойкостью к действию света, радиации, неполярных р-рителей и топлив, а также широким температурным диапазоном эксплуатации (от –40 до 120 °С) (см. также табл.).

Синтез У. э. осуществляют аналогично синтезу полиуретанов взаимодействием соед., содержащих изоцианатные группы (диизоцианаты, изоциануратизоцианаты и др.) с би- и полифункциональными олигоэфирами, имеющими концевые гидро-

кисильные группы. В качестве последних обычно используют олигогликоли с мол. м. 1000–5000, сложные эфиры с концевыми группами ОН (гл. обр. продукты поликонденсации адипиновой, фталевой и др. дикарбоновых к-т с низкомол. гликолями), триолы (глицерин, триметилолпропан и др.). Р-цию обычно проводят в присут. агентов удлинения и структурирования цепей – гликолей, воды, моноаллилового эфира, глицерина, алифатич. и ароматич. аминов; катализаторы р-ции – третичные амины, орг. соли и комплексы Sn, Fe, Cu или Co.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ УРЕТАНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Показатель	Литьевые монолитные эластомеры		Вальцуемые монолитные эластомеры		Термо- эласто- пласты монолитные
Удлинятели цепи (вулканизующие агенты)	Гликоли	Амины	Пероксид	Сера	—
Режим отверждения:					
т-ра, °С	100	100	150–170	—	—
время, ч	20–24	—	0,2–0,4	—	—
Твердость по Шору А	55–96	70–95	65–80	75–85	75–95
Прочность, МПа	25–35	30–50	20–35	30–35	30–60
Относит. удлинение, %	300–800	300–700	400–650	350–450	350–500
Сопротивление раздиру, кН/м	25–130	30–50	25–40	30–40	90–130
Эластичность по от- скоку, %	45–55	30–45	25–40	30–50	35–45
ОДС, %*	45–55	30–45	15–25	30–50	60–90
Истираемость, мм ³	10–50	—	—	—	20–50
Температурный предел хрупкости, °С	– (35–45)	—	—	– (20–30)	– (20–30)

* Относит. остаточная деформация сжатия на 20% после старения на воздухе при 80 °С в течение 24 ч.

У.э. – блоксополимеры, гибкие блоки к-рых образованы олигомерными звеньями, а жесткие – ароматич. кольцами диизоцианатов и диаминов или уретан-уретановыми и мочевино-уретановыми звеньями. При этом жесткие блоки, выделяющиеся в микрофазы, играют роль активного наполнителя.

Специфич. св-ва У.э. определяются гл. обр. хим. природой мономеров. Так, напр., У.э. на основе сложных олигоэфиров обладают тепло- и маслостойкостью, на основе простых олигоэфиров – морозостойкостью и гидролитич. стабильностью; использование алифатич. диизоцианатов в большей степени способствует увеличению эластичности, морозостойкости и теплостойкости У.э., чем применение ароматич. диизоцианатов.

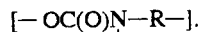
В зависимости от соотношения исходных компонентов У.э. делятся на литьевые, вальцуемые и термоэластопласты.

Технология синтеза У.э. включает: 1) непрерывную сушку гидроксилсодержащего олигомера в вакууме при 150 °С в тонкой пленке; 2) смешение олигомера, изоцианата и катализатора для образования форполимера; 3) смешение форполимера с агентом удлинения и структурирования цепи. Р-ции уретанообразования и удлинения цепи, характерны для всех типов У.э., процесс структурирования – для литьевых и вальцуемых. Важнейшие условия синтеза – отсутствие в сырьевых материалах вредных для роста цепи примесей (гл. обр. к-т и щелочей), точность дозировки компонентов и строгое соблюдение температурных условий р-ции.

Осн. виды литьевых У.э. синтезируют из сложных олигоэфиров – адипинатов этилен-, диэтилен-, гексаметилен-, этиленпропилен- и этиленбутиленгликолей; наиб. используемые простые олигоэфиры – полиоксигетра-, полиокситриметиленгликоли и их сополимеры; мол. м. $(1,8–3,2) \cdot 10^3$, плотн. 1,2–1,3 г/см³. В качестве диизоцианатного компонента применяют гл. обр. 1,5-нафтилен-, 4,4'-дифенилметан- и 2,4-толуиленидиизоцианаты (часто также смесь последнего с 2,6-изомером).

Мех. св-ва литьевых У.э. определяются гл. обр. межмол. взаимодей. полярных групп исходных соед., ван-дер-ваальсовским взаимодей. и водородными связями. В присут. триолов (триметилолпропана, глицерина) или при взаимодей. избытка

концевых изоцианатных групп с уретановыми или мочевиными группами полимерной цепи происходит также образование поперечных уретановых связей и разветвлений, напр. биуретовых $[-NHC(O)N-R-]$ и аллофанатных



Перерабатываются литьевые У.э. методом жидкого реакц. формования, при к-ром синтез сшитого эластомера происходит одновременно с формованием изделия.

Олигомеры для литьевых У.э. в пром-сти выпускают в виде вязкотекучих жидкостей или воскообразных продуктов, упакованных в герметичную тару с определенным сроком хранения: до 6 мес хранят форполимеры с концевыми изоцианатными группами, до 2 лет – олигоэфиры.

Основные пром. назв. литьевых У.э.: СКУ-7Л, СКУ-ПФЛ, СКУ-ПФЛ-ОП и СКУ-ППЛ (страны СНГ), вулколлан и гидрофит (Германия), адипрен, цианпрен и кастомер (США), майтек, санпрен и хайпрен (Япония). Применяют их для изготовления крупногабаритных материалосемких изделий и изделий сложной конфигурации: эластичные штампы, валы бумагоделательных машин, сита грохотов обогатит. агрегатов, ролики и валики разл. твердости для текстильной и полиграфич. пром-сти, массивные шины для тихоходного транспорта, уплотнители и футеровки для продуктопроводов, кожухи гидроклонов и др.; об использовании микрокачистых У.э. см. в ст. *Пенополиуретаны*.

Вальцуемые У.э. по набору исходных компонентов аналогичны литьевым, но значительно отличаются по их соотношению; мол. м. ок. 30 000. Ненаполненными вальцуемые У.э. практически не используются, за исключением получения материалов малой твердости. Повышение твердости У.э. на основе насыщенных олигоэфиров происходит в результате структурирования полимера димером диизоцианата или при его вулканизации пероксидами, гл. обр. кумилпероксидом. В случае эластомеров на основе ненасыщенных олигоэфиров (гл. обр. производных моноаллилового эфира) вулканизация протекает по двойным связям; осн. агенты вулканизации – S или серно-ускорительная система, содержащая комплекс $ZnCl_2$ или $ZnBr_2$ с гетероциклич. аминами (напр., хинолином). Для получения твердых, прочных и гидролитически стабильных вальцуемых У.э. используют смешанные системы вулканизации – кумилпероксид с диизоцианатами или кумилпероксид с диизоцианатами и серой.

Перерабатывают их аналогично переработке резиновых смесей. Рецептуры таких смесей помимо вулканизующих агентов включают техн. углерод, стеариновую к-ту, антиозонанты. Осн. пром. назв. вальцуемых У.э.: СКУ-8ТБ, СКУ-НВ, СКУ-ПФ и СКУ-ПФ-ОПн (страны СНГ), урепан (Германия), эластолан, миллатан, адипрены С и СМ и хемигум (США). Применяют их для изготовления уплотнит. деталей при работе в разл. средах, кольцевых прокладок, шестерен с низким вращающим моментом, роликов и пассивов звукозаписывающей аппаратуры, а также искусственных кож для верха и низа обуви.

Уретановые термоэластопласты получают чаще всего взаимодей. полибутиленадипината, полиокситетраметилгликоля и 4,4'-дифенилметандиизоцианата с низкомол. гликолями (напр., 1,2-бутандиолом, этиленгликолем). В них жесткие диолуретановые блоки (кристаллич. или аморфная фаза) образуют домены, распределенные в матрице гибких олигомерных блоков (аморфная фаза). Локализация уретановых групп в доменах приводит к высокой концентрации водородных связей и др. сильным межмол. взаимодей., выполняющим роль физ. сшивок, что обуславливает их хорошие мех. св-ва при умеренных т-рах. Термоэластопласты с концевыми группами ОН – линейные полимеры с мол. м. 15 000–20 000, с мол. м. 30 000–40 000 – слабосшитые полимеры, р-римые в ТГФ, ДМФА, ДМСО.

Выпускают уретановые термоэластопласты в гранулах, срок хранения к-рых в условиях отсутствия влаги 6 мес.

Перерабатывают литьем под давлением и экструзией, иногда – формованием из р-ров в ДМФА. В первом случае при т-ре переработки (165–215 °С) разветвленный полимер разрушается, становится линейным и превращается в низковязкую жидкость. Отходы произ-ва изделий используют снова, добавляя их в кол-ве до 50% при переработке к новым порциям гранулята.

Выпускают под назв. витур (СНГ), десмопан и диуренат (Германия), оптан, тексин, эстан, эластолон и роилар (США). Применяют в автомобильной пром-сти для произ-ва топливостойких клапанов, эластичных элементов передних подвесок автомобиля, рычагов переключения передач, шлангов; используют также для дублирования тканей, изготовления искусственной кожи, как пластификатор ПВХ, компонент клеев.

Лит.: Райт П., Камминг А., Полиуретановые эластомеры, пер. с англ., Л., 1973; Состояние, перспективы производства и применения валуемых уретановых каучуков, Л., 1990; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 23, N.Y., 1983, p. 576–608. Е. С. Юрцева.

УРЕТАНЫ (карбаматы), соед. общей ф-лы $R'R''NC(O)OR$ (R' и $R'' = H, Alk, Ar$; $R = Alk, Ar$) – сложные эфиры неустойчивой карбаминной к-ты H_2NCOOH и ее N-замещенных. Часто У. наз. производные этилкарбамата $H_2NCOOC_2H_5$.

У. – бесцв. кристаллич. в-ва (табл.), раств. в орг. р-рителях, низшие У. (до C_6) раств. в воде.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ УРЕТАНОВ

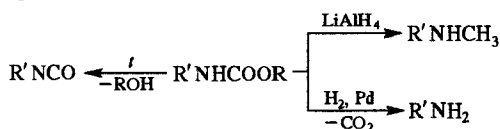
Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d_4^{20}	n_D^{20}
Метилкарбамат (уретилан) $H_2NCOOCH_3$	75,07	56–58	177	1,1361 ^a	1,4125 ^a
Этилкарбамат (уретан) $H_2NCOOC_2H_5$	89,10	48–50	185	0,9862 ^b	1,4144 ^a
Пропилкарбамат $H_2NCOOC_3H_7$	103,12	60	196	—	—
Изопропилкарбамат $H_2NCOOCH(CH_3)_2$	103,12	92–94	181	0,9951 ^b	—
Изобутилкарбамат $H_2NCOOCCH_2CH(CH_3)_2$	117,15	67	207	—	1,4098 ^a
Этил-N-этилкарбамат (этилуретан) $C_2H_5NHCOOC_2H_5$	117,15	—	176	0,9813	1,4215
Этил-N-метилкарбамат (метилуретан) $CH_3NHCOOC_2H_5$	103,12	—	170	1,0115	1,4183
Этилтионкарбамат (тиоуретан) $H_2NC(S)OC_2H_5$	105,16	41	—	1,069	1,520

^a При 56 °С. ^b При 21 °С. ^c При 51 °С. ^d При 76 °С. ^e При 66 °С.

У. легко реагируют с нуклеоф. реагентами, напр.: $R'NHCOOR + HX \rightleftharpoons R'NHCOX + ROH$; при наличии легко уходящей группы р-ция может идти по механизму отщепления – присоединения: $R'NHCOOAr \xrightarrow{HX} R'NCO \xrightarrow{HX} R'NHCOX$.

Кислотный и щелочной гидролиз У. приводит к соответствующему спирту, NH_3 (или амину) и CO_2 ; р-ции с NH_3 – к соответствующим производным мочевины, нитрозирование и нитрование – к N-нитрозо- и N-нитроуретанам (N-нитрозо-метилуретан – исходное соед. для получения диазометана).

При пиролизе У. образуются изоцианаты, при восстановлении $LiAlH_4$ – N-метиламины, при каталитич. гидрировании или обработке Na в жидком NH_3 – первичные амины:



У. можно алкилировать или ацилировать в случае, если не происходит быстрого элиминирования группы $OAlk$, напр.:



Осн. метод получения У. – присоединение спиртов или фенолов к изоцианатам. Используют также р-ции эфиров хлормуравьиной к-ты с NH_3 или первичными аминами, спиртов с NH_2CONH_2 , NH_2COCN или циановой к-той. У. образуются из азидов или амидов карбоновых к-т (см. *Куриуса реакция*, *Гофмана реакции*). Взаимод. диизоцианатов с гликолями приводит к *полиуретанам*.

У. – инсектициды, гербициды, лек. препараты, используют также для синтеза диазоalkanов.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1982.

Е. Ш. Коган.

УРИДИН, см. *Нуклеозиды*.

УРОВНЕМЕРЫ, приборы для измерения или контроля уровня жидкостей и сыпучих материалов в резервуарах, хранилищах, технол. аппаратах хим. произ-в и т. п. Приборы для определения кол-ва жидкости или сыпучего материала с целью их учета и сигнализации о переполнении бункеров, расходных баков и др. сосудов наз. У. широкого диапазона измерений. Последний определяется в данном случае гемом. размерами сосудов. Эти приборы снабжены шкалами с делениями, к-рые находятся по одну сторону от нулевой отметки (расположена в начале отсчета); шкалы градуируются в см, дм и м. При необходимости поддержания уровня на заданной высоте приборы показывают величину его отклонения от нормального положения и наз. У. узкого диапазона измерений (100–150 мм). Шкалы данных приборов имеют деления по обе стороны от нулевой отметки (находится посередине) и градуируются в мм и см.

Уровнемеры для жидкостей

По принципу действия эти У. разделяются на визуальные, поплавковые, гидростатические, электрические, ультразвуковые, радиоизотопные.

Визуальные уровнемеры (рис. 1) – простейшие измерители уровня жидкости. К технол. аппарату 1 через запорные вентили 2 подсоединено указат. стекло (трубка 3). Аппарат и трубка представляют собой сообщающиеся сосуды, поэтому уровень H жидкости в трубке всегда равен ее уровню в аппарате и отсчитывается по шкале.

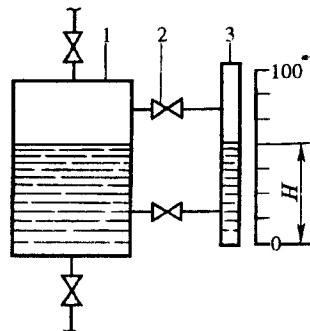


Рис. 1. Визуальный уровнемер.

Поплавковые уровнемеры. Чувствит. элемент – поплавок, находящийся на пов-сти жидкости (рис. 2, а). Поплавок 1 уравнивается грузом 3, к-рый связан с поплавком гибким тросом 2. Уровень жидкости определяется положением груза относительно шкалы 4. Пределы измерений устанавливают в соответствии с принятыми значениями верх. (ВУ) и ниж. (НУ) уровней.

Значительно надежнее тонущие поплавки – массивные буйки (рис. 2, б). При изменении уровня жидкости по закону Архимеда изменяется действующая на конец рычага 2 выталкивающая сила (вес буйка 1). Соотв. изменяющийся момент сил, действующих на рычаг 2, от буйка передается через вал 5, закрепленный в доншке 7, на трубку 6 и уравнивается моментом ее скручивания. Изменение угла скручивания трубки пропорционально величине уровня.

Гидростатические уровнемеры. Их действие основано на уравнивании давления столба жидкости p в аппарате (хранилище) давлением столба жидкости, заполняющей измерит. прибор, или пружинным механизмом ($p = H\rho$, где $\rho = \text{const}$ – плотн. жидкости). При достаточно больших значениях уровня H и в отсутствие избыточного давления над жидкостью в качестве У. можно применять манометр с трубчатой пружиной (см. *Манометры*), устанавливаемый на отметке т. наз. нулевого уровня (рис. 3).

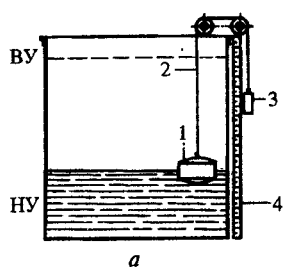
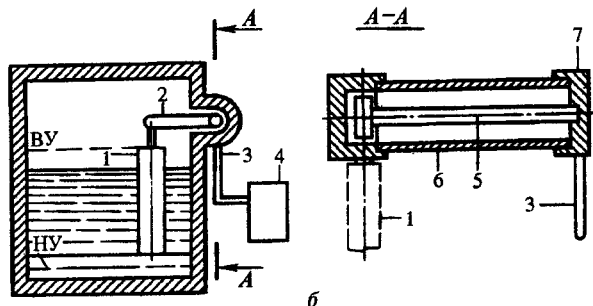


Рис. 2. Поплавковые уровнемеры: а – с плавающим поплавком; б – с тонущим поплавком.



б

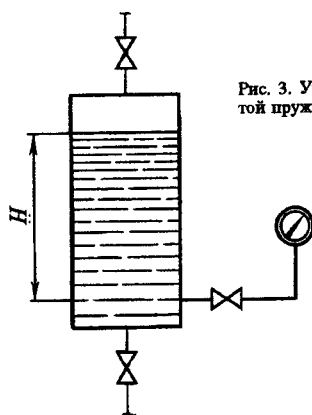


Рис. 3. Уровнемер-манометр с трубчатой пружиной.

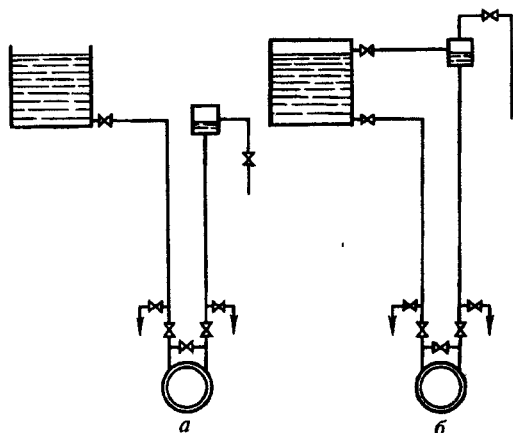
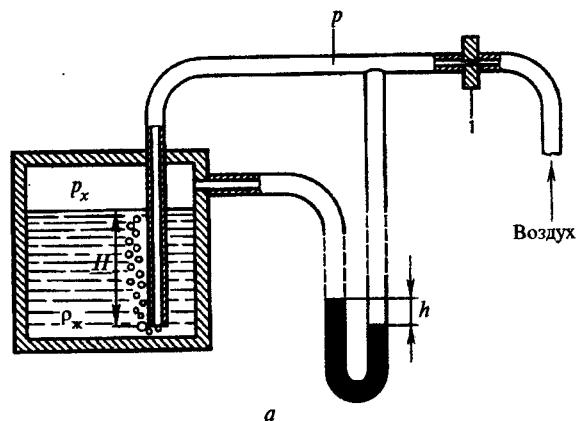
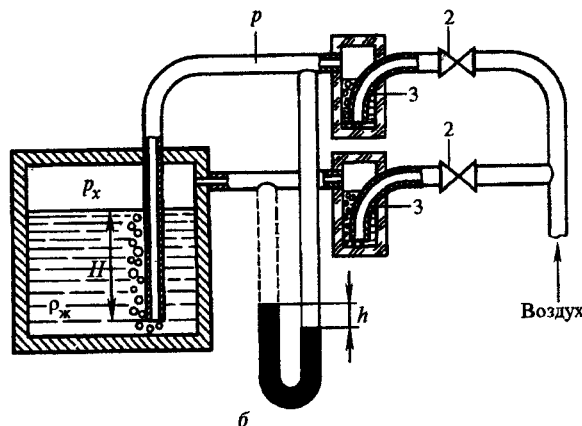


Рис. 4. Дифманометрические уровнемеры: измерение уровня в открытом резервуаре (а) и аппарате, работающем под давлением (б).

Дифманометрические уровнемеры позволяют измерять уровень в открытых (атм. давление) или закрытых (давление либо разрежение) резервуарах (рис. 4). Относительно постоянный уровень жидкости в одном из колен измерит. прибора (дифманометра), а следовательно, и в контролируемом аппарате обеспечивается уравнит. сосудом (на-



а



б

Рис. 5. Пьезометрические уровнемеры для неагрессивных (а) и агрессивных (б) жидкостей под давлением.

полнен до определенного уровня той же жидкостью, что и в аппарате). Высота столба жидкости в др. колене дифманометра изменяется с изменением уровня в аппарате. Каждому значению уровня в нем отвечает нек-рый перепад давления, обусловленный расстоянием по высоте между аппаратом и прибором. Если аппарат работает при атм. давлении, уравнит. сосуд размещают на отметке нулевого уровня (рис. 4, а), если под давлением – на высоте макс. уровня (рис. 4, б).

Пьезометрические уровнемеры (рис. 5) основаны на принципе гидравлич. затвора (обычно водяного). Для измерения уровня используют воздух или инертный газ, к-рый под давлением p продувают через слой жидкости (p_x – давление над ней). Кол-во воздуха ограничивают диафрагмой 1 или регулирующими вентилями 2 так, чтобы скорость движения его в трубопроводе была минимальна (с целью уменьшения потерь на трение). Для контроля расхода воздуха устанавливают спец. стаканчики 3 или ротаметры. Уровень жидкости $H = (p - p_x) / \rho_{ж}$, где $\rho_{ж}$ – плотн. замыкающей жидкости в дифманометре. Перепад давления $(p - p_x)$ определяется по высоте столба жидкости h в манометре. В случае измерения уровня агрессивных жидкостей необходимо подводить воздух в обе линии, подсоединяемые к дифманометру. Пьезометрич. приборы широко применяются для измерения уровня жидкости в подземных резервуарах.

Электрические уровнемеры (рис. 6). В них измеряемые значения уровня жидкости преобразуются в соответствующие электрич. сигналы. Наиб. распространены емкостные и омические приборы.

Емкостные уровнемеры (рис. 6, а). Вместе со стенками сосуда 1 электрод 2 образует чувствит. элемент – цилиндрич. конденсатор, электрич. емкость к-рого изменяет-

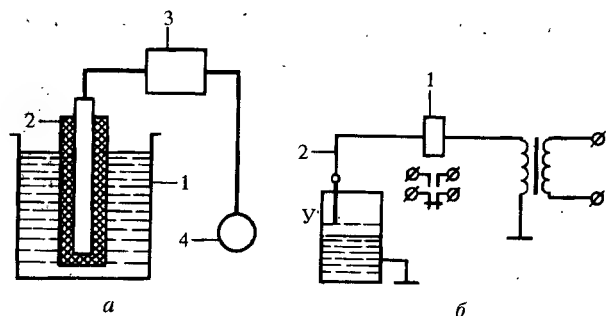


Рис. 6. Электрические уровнемеры: а - емкостный; б - омический.

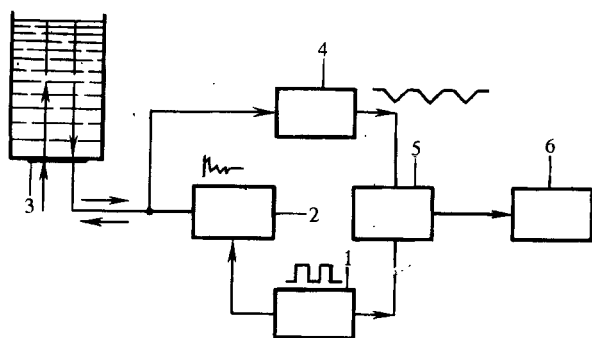


Рис. 7. Ультразвуковой уровнемер: 1, 2 - генераторы, соотв., управляющий и импульсов; 3 - пьезоэлектрич. излучатель; 4 - усилитель импульсов; 5 - измеритель времени; 6 - вторичный прибор.

ся пропорционально уровню жидкости. Емкость измеряется электронным блоком 3, сигнал из которого поступает в блок 4, представляющий собой релейный элемент (в схемах сигнализации достижения определенного уровня) или указывающий прибор (в схемах измеренного уровня).

Омические (кондуктометрические) уровнемеры (рис. 6, б) основаны на измерении сопротивления при замыкании электрич. цепи, образованной электромагн. реле 1, электродом 2 и контролируемой средой (уровень У) электропроводностью от $2 \cdot 10^{-3}$ См.

Ультразвуковые уровнемеры (рис. 7). В них используется явление отражения ультразвуковых колебаний (импульсов) от плоскости раздела жидкость-газ (обычно воздух). Время между моментом посылки первичного импульса и моментом возвращения отраженного импульса является ф-цией высоты измеряемого уровня. Эти приборы позволяют измерять уровень без контакта с контролируемой средой в труднодоступных местах.

Радиоизотопные уровнемеры основаны на сравнении интенсивностей потоков α - или β -излучения, проходящих выше либо ниже уровня раздела двух сред разной плотности. Применение этих приборов целесообразно в случае невозможности использовать иные У.

Уровеньмеры для сыпучих материалов

У. для сыпучих тел имеют свои особенности. Характерным отличием сыпучих материалов от жидкостей является непропорциональность передачи давления на дно и стенки емкости в зависимости от уровня в ней контролируемого в-ва. Простейшие У. для сыпучих материалов выполняются с чувствит. элементами, соприкасающимися с пов-стью в-ва. Изменение уровня дистанционно передается на вторичный измерит. прибор.

Наиб. распространены лотовые уровнемеры (рис. 8). В них зонд (лот) 5 и груз 7 подвешены на блоке храпового колеса 4. Зонд периодически приподнимается с помощью управляемого пневматич. генератором импульсов пневматич. мембранного привода 2 (воздействующего на ко-

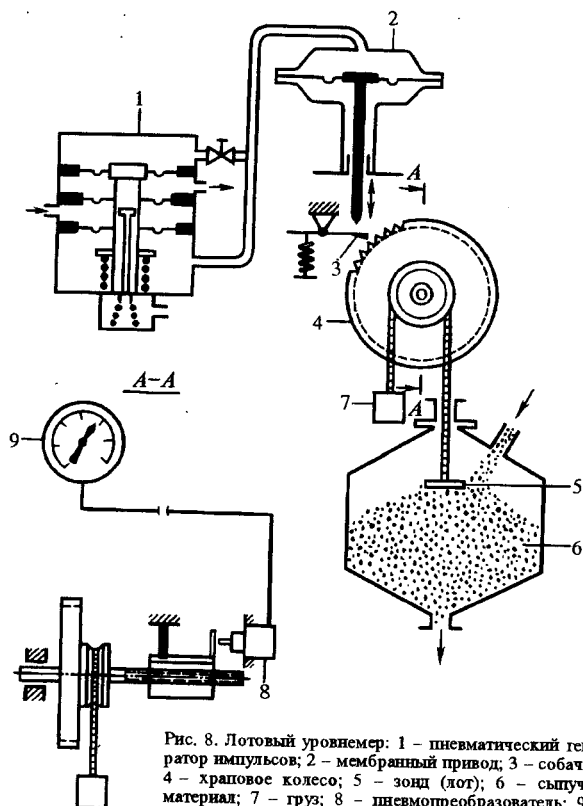


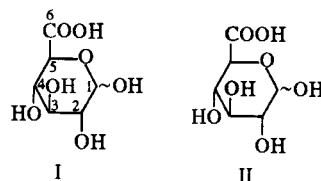
Рис. 8. Лотовый уровнемер: 1 - пневматический генератор импульсов; 2 - мембранный привод; 3 - собачка; 4 - храповое колесо; 5 - зонд (лот); 6 - сыпучий материал; 7 - груз; 8 - пневмопреобразователь; 9 - манометр.

лесо через собачку 3) и опускается на пов-сть сыпучего материала 6 под действием силы тяжести. Если уровень не изменяется, зонд поднимается и опускается на одно и то же расстояние. При понижении уровня материала зонд опускается на большее расстояние, чем поднимается, и наоборот. У. должен работать так, чтобы при изменении уровня в заданных пределах давление сжатого воздуха на выходе прибора изменялось от 20 до 100 кПа. С выхода пневмопреобразователя 8 воздух подается на вторичный прибор. Лотовые У. позволяют измерять уровень до 20 м. В меньшей степени для определения уровня сыпучих материалов применяют также поплавковые, массовые, электрич. (емкостные) и радиоизотопные У.

Лит.: Кулаков М. В., Технологические измерения и приборы для химических производств, 3 изд., М., 1983; Шкатов Е. Ф., Технологические измерения и КИП на предприятиях химической промышленности, М., 1986.

Е. Ф. Шкатов.

УРОНОВЫЕ КИСЛОТЫ, моносахариды (альдозы), молекулы к-рых вместо первичной спиртовой группы содержат карбоксильную. Назв. У. к. производят от назв. соответствующих альдоз путем прибавления к корню окончания «уроновая к-та» [напр., D-глюкуроновая к-та (ф-ла I), D-галактуроновая к-та (II)].

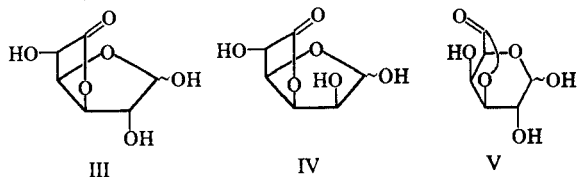


У. к. широко распространены в природе. Наиб. часто встречается D-глюкуроновая к-та, найденная в составе мн. растит. гликозидов и полисахаридов (камеди, гемицеллюлозы; в последнем случае вместе с 4-О-метил-D-глюкуроновой к-той). Разл. токсичные в-ва часто выводятся из животных организмов с мочой в виде гликозидов D-глюкуроновой к-ты. D-Га-

лактуронозная к-та известна как главный компонент *пектинов* высших растений. D-Маннуринозная и L-гулуринозная к-ты — компоненты *альгиновых кислот* бурых водорослей; L-идуронозная к-та вместе с D-глюкуроновой входит в состав *мукополисахаридов* животных тканей. Многие из перечисленных к-т и ряд более редких У. к., в т. ч. 2-амино- и 2,3-диаминоуроновые к-ты, обнаружены в составе бактериальных полисахаридов.

У. к. — кристаллич. или аморфные твердые в-ва; нелетучие, относительно высокоплавкие; раств. в воде и сильнополярных орг. р-рителях, не раств. в малополярных р-рителях.

Хим. св-ва У. к. аналогичны св-вам моносахаридов; отличия обусловлены присутствием в молекуле группы COOH, в результате чего У. к. могут давать соли и лактоны. Легкость лактонизации и структура лактона определяются природой исходной У. к. Так, D-глюкуронозная и D-маннуринозная к-ты самопроизвольно превращаются в 3,6-лактоны (III и IV), в к-рых моносахарид имеет фуранозную форму; D-галактуронозная к-та самопроизвольно не лактонизуется, а получаемый из нее в кислых условиях 3,6-лактон имеет пиранозную форму (V).



При нагревании с сильными минер. к-тами У. к. претерпевают дегидратацию и декарбоксилирование; образующийся при дегидратации 5-карбоксифурфурол дает цветные р-ции с карбазолом, 3,5-диметилфенолом или 3-гидроксидифенилом, что используют для спектрофотометрич. определения У. к.

Гликозидные связи, образованные У. к., как правило, приблизительно в 100 раз более устойчивы к действию разб. к-т, чем гликозидные связи, образованные обычными моносахаридами. Это позволяет при частичном гидролизе олиго- и полисахаридов, содержащих У. к., получать дисахариды с остатком У. к. на невосстанавливаемом конце (т. наз. альдобиноуроновые к-ты), а из растит. гликозидов, содержащих олигосахаридную цепь, к-рая начинается остатком D-глюкуроновой к-ты, — т. наз. прогенины, т. е. гликозиды упрощенной структуры, состоящие из агликона и D-глюкуроновой к-ты.

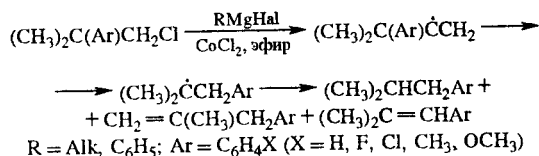
Заместитель в β-положении к карбоксильной группе У. к. (напр., группа OH или RO) способен отщепляться под действием оснований с образованием α, β-ненасыщенных производных, причем легкость осуществления р-ции сильно зависит от природы У. к. (производные D-галактуронозной к-ты реагируют много легче производных D-глюкурононовой к-ты) и наличия заряда на карбоксиле (эфирные к-ты реагируют много легче, чем их соли).

У. к. получают из прир. источников (напр., D-галактуронозную к-ту — гидролизом пектинов в присут. фермента полигалактуроназы из грибов, D-маннуринозную и L-гулуринозную к-ты — кислотным гидролизом альгинатов) или хим. синтезом, к-рый заключается в действии сильных окислителей (напр., KMnO_4) на защищенные производные альдоз, содержащие своб. первичную группу OH, с последующим удалением защитных группировок.

Лит.: Химия углеводов, М., 1967.

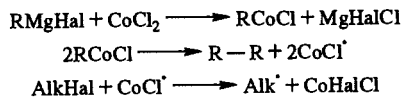
А. И. Усов.

УРРИ-КАРАША РЕАКЦИЯ (Караша-Гриньяра р-ция, Караша р-ция), взаимодействие алкилгалогенидов с реактивом Гриньяра в присут. CoCl_2 ; протекает с перегруппировкой промежуточно образующихся своб. радикалов, напр.:

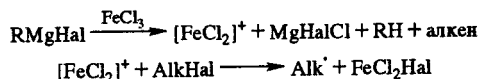


Обычно к р-ру RMgHal в диэтиловом эфире добавляют катализатор и алкилгалогенид (молярное соотношение RMgHal и CoCl_2 30:1). Смесь кипятят неск. часов, затем охлаждают, разлагают избыток магнийорг. соед. водным р-ром к-ты (напр., CH_3COOH). Выход продуктов перегруппировки алкильных радикалов составляет 30–50%, среди др. продуктов р-ции — углеводороды, образующиеся в результате димеризации своб. радикалов или отщепления ими H от р-рителя, а также в-ва, к-рые получают из магнийорг. соед. ($\text{R}-\text{R}$, $\text{R}-\text{H}$, алкены).

Предполагают, что механизм У.-К. р. включает образование кобальторг. соед., к-рое генерирует радикальные частицы:



Иной механизм реализуется при замене CoCl_2 на FeCl_3 , катализирующий подобную р-цию. В этом случае первоначально происходит взаимодействие FeCl_3 с RMgHal с образованием иона $[\text{FeCl}_2]^+$, к-рый отрывает атом Hal от алкилгалогенида с образованием соответствующего алкильного радикала:

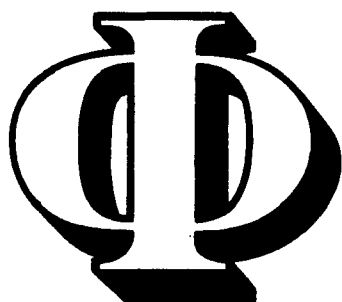


У.-К. р. используют в лаб. практике. Р-ция открыта в 1941 М. Карашем и Э. Филдсом, позднее подробно описана У. Урри совместно с М. Карашем.

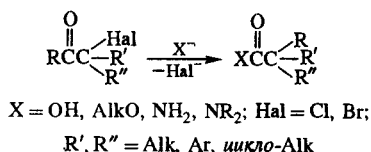
Лит.: Kharasch M., Fields E., *J. Amer. Chem. Soc.*, 1941, v. 63, № 9, p. 2316–20; Urry W., Kharasch M., там же, 1944, v. 66, № 9, p. 1438–40; Kharasch M., Reinmuth O., *Grignard reactions of nonmetallic substances*, L., 1954.

Г. И. Дрозд.

УСИЛЕНИЕ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, см. *Химико-фотографическая обработка фотоматериалов*.
УСКОРИТЕЛИ ВУЛКАНИЗАЦИИ, см. *Вулканизация*.



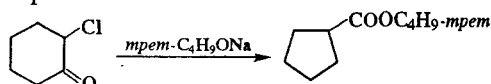
ФАВОРСКОГО РЕАКЦИИ. 1) Перегруппировка α -галогенкетон в карбоновые к-ты, их эфиры или амиды при действии оснований – соотв. щелочей, алкоголятов или аминов (наз. также перегруппировкой Фаворского):



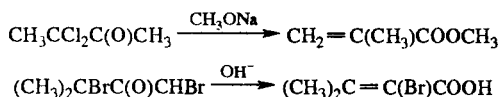
Обычно галогенкетон смешивают с конц. р-ром основания (напр., в спирте) или с суспензией основания в р-рителе (этанол, эфире, толуоле) при т-ре от -20 до $+30^\circ\text{C}$. Реакц. смесь выдерживают 10–30 мин (в случае низкорекционноспособных кетонов – 2–4 ч при нагр.). Выходы 30–70%.

В классич. варианте перегруппировки радикал R содержит атом Н у α -атома С. В отсутствие α -Н-атома р-ция обычно идет в сравнительно жестких условиях (напр., при кипячении с NaOH в толуоле) и наз. квазиперегруппировкой Фаворского.

Перегруппировка циклич. кетонов протекает с сужением цикла, напр.:

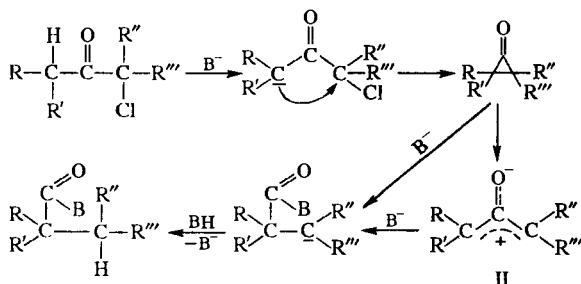


α, α -Дигалогенкетон и α, α' -дигалогенкетон, содержащие α -Н-атомы, в условиях Ф.р. образуют одну и ту же α, β -ненасыщ. к-ту (или ее производное); тригалогенкетон – галогензамещ. ненасыщ. к-ты, напр.:



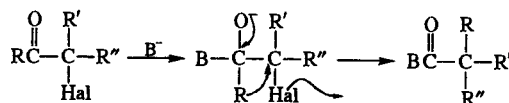
Осн. побочные продукты – эпоксиэфиры ф-лы I, образующиеся из них гидроксикетали и α -гидроксикетоны, продукты расщепления связей C–C или замещения атома Hal на группы OH, OR или NR_2 , а также винилкетоны.

Механизм классич. перегруппировки включает образование на промежут. стадии циклопропанона (ВН – основание):



Циклопропаноны во мн. случаях (напр., при $\text{R}, \text{R}' = \text{трет-С}_4\text{H}_9$) удается выделить. Полученные др. способами циклопропаноны дают продукты перегруппировки при действии на них CH_3ONa и др. сильных оснований.

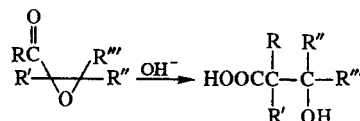
Квазиперегруппировка Фаворского протекает по т. наз. семибензильному механизму:



Известны случаи, когда семибензильный механизм реализуется и для кетонов с α -Н-атомом (напр., для α -галогенциклобутанонов). Видимо, в отдельных случаях в зависимости от условий может преобладать либо первый, либо второй механизм.

Оба механизма (за исключением варианта с образованием промежут. соед. II) предполагают обращение конфигурации при α -С-атоме, у к-рого мигрирующая группа замещает атом галогена.

Превращения, аналогичные этой перегруппировке, протерпевают под действием оснований амиды α -галогенкарбоновых к-т, α -галогеналкилсульфамиды, α -галогеналкилсульфоны, α -гидроксикетоны и α, β -эпоксикетоны, напр.:

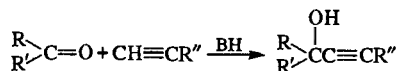


Р-цию используют в препаративной практике для получения циклич. кетонов и высокозамещ. (у α -С-атома) карбоновых к-т, в синтезе сложных прир. в-в (напр., стероидов).

Р-ция открыта А. Е. Фаворским в 1894.

Лит.: Кенде Э., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., сб. 11, М., 1965, с. 267–326; Ахрем А. А. [и др.], «Успехи химии», 1970, т. 39, в. 9, с. 1560–90; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 142–46.

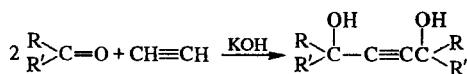
2) Получение ацетиленовых спиртов присоединением ацетиленовых углеводородов к карбонильным соединениям в присут. оснований:



$\text{R}, \text{R}' = \text{Alk}, \text{Ar}, \text{H}; \text{R}'' = \text{H}, \text{CH}=\text{CH}_2$ и др.

В р-цию вступают алициклич. кетоны и нек-рые альдегиды. В ряду ацетиленов чаще используют незамещ. ацетилен и винилацетилен. Обычно р-цию проводят с суспензией КОН или NaNH_2 в р-рителе (эфире, бензоле, ДМФА и др.) при т-ре от -70 до $+40^\circ\text{C}$, давлении 0,4–0,9 МПа и большим избытке ацетилена (вместо ацетилена можно использовать CaC_2 в присут. КОН). Образовавшиеся алкоголяты обрабатывают H_2O . Выходы 40–60%.

Осн. побочные продукты – смолы и ацетиленовые 1,4-диолы. Последние становятся осн. продуктом при использовании небольшого избытка ацетилена и т-ре ок. 20°C :



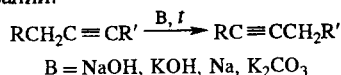
Считается, что механизм р-ции включает образование ацетиленида, к-рый присоединяется к карбонильному соед. с образованием алкоголята ацетиленового спирта.

Р-цию используют в синтезе виниловых спиртов, диенов, разл. алициклич. и гетероциклич. соединений.

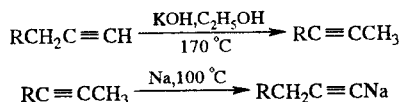
Р-ция открыта А. Е. Фаворским в 1905.

Лит.: Котляревский И. Л., Шварцберг М. С., Фишер Л. Б., Реакции ацетиленовых соединений, Новосиб., 1967, с. 5–170; Михайловский Д. И. [и др.], «Ж. орган. химии», 1974, т. 10, в. 2, с. 188–91; Кондратьева Л. А. [и др.], там же, 1976, т. 12, в. 5, с. 940–44.

3) Изомеризация ацетиленовых углеводородов при нагревании в присутствии оснований:



Направление р-ции существенно зависит от условий и строения исходного ацетилена. Напр., нагревание со спиртовой щелочью приводит к перемещению тройной связи в середину цепи, а нагревание с Na — к образованию ацетиленов:



Наличие в молекуле Ag, R₂N или группы COOH обычно облегчает изомеризацию (напр., достаточно использование K₂CO₃ при 40–90 °C или Na при 20 °C). Однозамещенные ацетилены с втор-алкильными радикалами изомеризуются в аллены (промежут. продукты Ф. р.; образуются во всех случаях в преобладающем кол-ве при понижении т-ры р-ции); соед. с трет-алкильными радикалами не изомеризуются.

Изомеризация — результат дважды реализующейся прототропной аллильной перегруппировки.

Перегруппировка открыта А. Е. Фаворским в 1887.

Лит.: Темникова Т. И., Курс теоретических основ органической химии, 2 изд., Л., 1962, с. 529–32; Watanjan S. A., Badanjian S. O., «Angew. Chem.», 1963, Bd 75, S. 1034. Г. И. Дрозд.

ФАЗ ПРАВИЛО, закон, связывающий число фаз, находящихся в термодинамически равновесной системе, с числом компонентов системы, числом ее степеней свободы и числом внеш. параметров, определяющих состояние системы. При этом под фазой подразумевают однородную по хим. составу и термодинамич. св-вам часть системы, отделенную от др. частей (фаз) пов-стями раздела. На этих пов-стях скачкообразно меняются св-ва системы (состав, плотность, параметры кристаллич. решетки и т. п.). Под числом фаз ϕ понимают кол-во разл. фаз. Напр., вода в равновесии со льдом образует двухфазную систему; твердая соль в равновесии с ее насыщ. водным р-ром и паром — трехфазную систему. Газообразные в-ва, как правило, образуют всегда одну фазу (при высоких давлениях газовые смеси могут расслаиваться с появлением двух фаз). Число фаз в системе, жидких и особенно кристаллических, вообще говоря, не ограничено, т. к. жидкости и кристаллич. тела далеко не всегда могут смешиваться в любых отношениях.

Иногда понятия фазы определяют, исходя из идентичности не только термодинамических, но всех физ. св-в. Напр., в-ва, образующие оптически активные право- и левовращающие кристаллы типа кварца, NaClO₃ (имеется в виду поворот плоскости поляризации света), рассматривают как две разл. фазы, отличающиеся знаком вращения, кристаллографич. параметрами. Однако по своим термодинамич. св-вам такие в-ва идентичны и традиционно их считают одной фазой.

Другой дискуссионный вопрос — это в-ва с фазовыми превращениями второго рода, к к-рым относятся переходы типа порядок — беспорядок, магн. превращения в точках Кюри и Нееля, др. превращения (см. *Полиморфизм*, *Фазовые переходы*). В точках переходов второго рода первые производные термодинамич. потенциалов (энтальпия, уд. объем и т. п.) не претерпевают разрыва непрерывности, но производные высших порядков (теплоемкость, сжимаемость) имеют аномалии (разрывы непрерывности). Для данного в-ва такие точки являются границей локальной устойчивости определенных форм, к-рые могут находиться в равновесии только в точках перехода (см. *Фазовое равновесие*). В рамках классич. термодинамики состояния в-ва, связанные переходом второго рода, считаются одной фазой.

Числом компонентов k системы наз. наименьшее число исходных в-в, достаточное для образования всех фаз данной системы. Число компонентов равно числу исходных в-в, если в системе исходные в-ва не вступают друг с другом

в хим. р-ции. Если же между исходными в-вами имеют место р-ции, в-ва м. б. связаны определенными соотношениями (ур-ниями хим. равновесия, начальными условиями); в этом случае число компонентов равно разности между числом исходных в-в и числом независимых р-ций между ними. Выбор компонентов произволен, но число компонентов k — важная характеристика, определяющая св-ва системы. Напр., в системе из шести солей (NaCl, Na₂SO₄, NaNO₃, KCl, K₂SO₄, KNO₃) и воды (7-е в-во) имеют место две независимые р-ции обмена: $\text{NaCl} + \text{KNO}_3 \rightleftharpoons \text{KCl} + \text{NaNO}_3$; $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{KCl} \rightleftharpoons \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCl}$. Третья возможная р-ция обмена: $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{KNO}_3 \rightleftharpoons \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaNO}_3$ не является независимой, т. к. является результатом сложения двух первых р-ций. Следовательно, число компонентов этой системы $k = 7 - 2 = 5$. Этот результат не изменится и в том случае, если учесть образующиеся в этой системе кристаллогидраты или др. в-ва, т. к. с каждым образующимся в-вом добавляется и связанная с ним р-ция (см. также *Многокомпонентные системы*).

Под числом степеней свободы, или вариантностью, ν системы понимается число параметров состояния, таких, как давление, т-ра, концентрации в-в, к-рые можно изменять в нек-ром интервале независимо друг от друга без изменения числа фаз ϕ . Напр., при двухфазном равновесии воды и насыщенного пара ($\phi = 2$), выбрав определенную т-ру, нельзя произвольно выбирать давление, т. к. каждой т-ре отвечает определенное давление насыщ. пара (и наоборот, выбрав определенное давление, нельзя произвольно менять т-ру), т. е. вариантность $\nu = 1$.

Внеш. параметры, определяющие состояние системы и имеющие одно и то же значение для всех фаз системы, наз. факторами равновесия. Обычно учитывается влияние на систему только двух внеш. параметров — т-ры и давления. В этом случае Ф. п. наз. правилом фаз Гиббса и записывается в виде:

$$\nu = k - \phi + 2$$

Для конденсированных систем, т. е. состоящих из кристаллич. и жидких фаз (напр., металлич. сплавов), влиянием давления, если оно не слишком сильно отличается от атмосферного, можно пренебречь, тогда Ф. п. запишется в виде:

$$\nu = k - \phi + 1$$

В нек-рых случаях состояние системы может определяться большим числом факторов равновесия n , поэтому в общем виде Ф. п. имеет вид:

$$\nu = k - \phi + n$$

К числу таких факторов относится, в частности, степень дисперсности (поверхностная энергия), т. к. давление пара над мелкими каплями больше, чем над крупными, также растворимость мелких кристаллов выше, чем крупных. К числу внеш. факторов, к-рые могут оказывать влияние на состояние системы, относятся напряженности полей (электрич., магнитного, гравитационного, упругие напряжения в слитке). Во всех этих случаях $n > 2$, соотв. число степеней свободы системы больше, чем определенное по обычной форме Ф. п.

Если равновесное состояние системы определяется двумя параметрами (в наиб. частом случае т-рой и давлением) и $n = 2$, то $\phi \leq k + 2$, т. е. макс. число фаз, равновесно сосуществующих в системе, не должно превышать числа компонентов более, чем на 2. Следовательно, в однокомпонентной системе макс. число равновесно сосуществующих фаз равно 3, в двойной (двухкомпонентной) системе — 4 (напр., в системе соль — вода могут сосуществовать кристаллы соли и льда, насыщ. р-р и пар), в тройной системе — 5 и т. д. Если n м. б. больше 2, возможны случаи сосуществования большего числа фаз при строго фиксированных значениях всех параметров. Очевидно, при макс. числе фаз вариантность системы $\nu = 0$, т. е. система не имеет степеней свободы (система инвариантна, или инвариантна). Такое равновесное состояние возможно только при определенных значениях всех параметров (т-ры, давления, концентрации в-в). Примером

является тройная точка однокомпонентной системы, в k -рой в равновесии находятся, напр., кристаллы, расплав и пар. Ей отвечают строго определенные t -ра и давление, изменение любого из этих параметров приводит к исчезновению одной из фаз (см. *Критические явления*).

Если $k - \varphi = 1$, то $\nu = 1$, система *одновариантна* (м-новариантна). В этом случае только один параметр (напр., t -ра) м. б. изменен произвольно без изменения числа фаз, тогда как значения других параметров (давления, концентрации в-в) полностью определяются t -рой. При $k = \varphi$ и $\nu = 2$ система *дивариантна*. В ней можно независимо менять (в определенных пределах) два параметра без изменения числа фаз. Большие значения степеней свободы наблюдаются в системах с числом компонентов 2 и более.

Ф. п. применительно к геохимии было выведено В. М. Гольдшмидтом (1911) в след. формулировке: при произвольных давлении и t -ре (т. е. принимая природную систему дивариантной) макс. число сосуществующих минералов равно числу компонентов, $\varphi \leq k$ («минералогич. правило фаз»). Более точная формулировка принадлежит Д. С. Коржинскому (1942): наиб. число совместных образующихся минералов равно числу компонентов за вычетом числа вполне подвижных компонентов (в-ва с высокой диффузионной способностью, концентрация к-рых в r -ре практически постоянна) и числа компонентов-примесей, к-рые вследствие малой концентрации при кристаллизации не переходят в твердую фазу.

Следствием Ф. п. является правило соприкасающихся пространств состояния, к-рое связано с размерностью R диаграммы состояния (для плоской диаграммы $R = 2$, для пространственной — $R = 3$ и т. д.) и размерностью R' геом. элемента, по к-рому граничат между собой области существования, или пространства состояния (для точки $R' = 0$, для линии $R' = 1$, для пов-сти $R' = 2$, для гиперповерхностей $R' = 3$). Л. С. Палатник и А. И. Ландау было выведено (1961) правило, связывающее $\Delta\varphi$ — кол-во меняющихся (исчезающих и появляющихся) фаз в соприкасающихся пространствах состояния с размерностями R' и R : $R' = R - \Delta\varphi$. При этом невариантные равновесия, напр. трехфазные горизонталы на диаграммах состояния двойных систем, нужно рассматривать как вырожденные пространства состояния. Следовательно, если два разных поля (в случае плоской диаграммы) соприкасаются по линии, то они различаются между собой на одну фазу; если поля соприкасаются в точке, то различаются на две фазы. Два однофазных пространства ($\Delta\varphi = 2$) могут соприкасаться только в точке (напр., в максимуме на кривой ликвидуса фазы переменного состава).

Ф. п. используют в неорг. и орг. химии, хим. технологии, галургии, металлургии, металловедении, петрографии и т. п., при исследовании диаграмм состояния гетерогенных систем. Оно позволяет рассчитывать возможное число фаз и степеней свободы в равновесных системах при любом числе компонентов (исходных в-в). Особенно широко используется Ф. п. в *физико-химическом анализе*.

Ф. п. было выведено Дж. У. Гиббсом в 1876. Практич. его использование в химии для изучения и классификации гетерогенных равновесий было начато в работах Б. Розебома (1889).

Лит.: Палатник Л. С., Ландау А. И., Фазовые равновесия в многокомпонентных системах, Хар., 1961; Древинг В. П., Калашников Я. А., Физико-хим. основы термодинамики, 2 изд., М., 1964; Findlay A., The phase rule and its application, N.Y., 1951; см. также лит. к *Диаграмма состояния, Фазовое равновесие, Физико-химический анализ*.

П. И. Федоров.

ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ, сосуществование термодинамически равновесных фаз гетерогенной системы. Является одним из основных случаев *термодинамического равновесия* и включает в себя условия равенства t -ры всех частей системы (термич. равновесие), равенства давления во всем объеме системы (мех. равновесие) и равенство хим. потенциалов каждого компонента во всех фазах системы, что обеспечивает равновесное распределение компонентов между фазами. Число фаз φ , находящихся одновременно в равновесии, связано с

числом компонентов k , числом n независимых параметров, определяющих состояние системы (обычно, когда учитывается только влияние t -ры и давления, $n = 2$), и числом термодинамич. степеней свободы ν ур-нием: $\nu = k + 2 - \varphi$ (см. *Фаз правило*).

В общем виде условие Ф. р., согласно принципу равновесия Гиббса, сводится к максимуму энтропии S системы при постоянстве внутр. энергии U , общего объема V и числа молей каждого компонента n_i . Этот принцип можно выразить также как условие минимума любого из термодинамич. потенциалов: внутр. энергии U , энтальпии H , энергии Гиббса G , энергии Гельмгольца A при условии постоянства соответствующих параметров состояния, включая число молей каждого компонента.

Ф. р. могут быть стабильными и метастабильными. Те и другие являются локально устойчивыми, т. е. устойчивыми по отношению к малым возмущениям параметров состояния — t -ры, давления, состава (концентраций компонентов). Метастабильные Ф. р. отличаются тем, что они неустойчивы к нек-рым конечным изменениям этих параметров, ведущим, в частности, к переходу к другим фазам. Напр., пересыщенный r -р или переохлажденный расплав неустойчивы по отношению к кристаллич. фазе. Поскольку метастабильное состояние системы локально устойчиво, переход к стабильному состоянию требует преодоления нек-рого активационного барьера и протекания процесса зародышеобразования (см. *Зарождение новой фазы*).

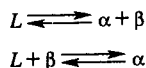
Следует отметить нек-рые особенности метастабильных фаз: при одной и той же t -ре давление пара выше над метастабильной фазой, чем над стабильной; при одном и том же давлении t -ра плавления метастабильной фазы ниже, чем стабильной; растворимость метастабильной фазы при постоянных давлении и t -ре выше, чем стабильной. Последнее справедливо как для жидких, так и для твердых r -ров.

Критерий достижения Ф. р. Наиб. общий критерий достижения Ф. р. — сходимость значений св-в системы при их измерении, если подходить к состоянию Ф. р. сверху (со стороны более высоких t -р) и снизу (со стороны низких t -р). Достижение Ф. р. или хотя бы приближение к нему — важнейший вопрос при изучении диаграмм состояния, в т. ч. диаграмм растворимости, диаграмм плавкости, диаграмм давления пара, а также в *физико-химическом анализе*. При исследовании r -римости для достижения Ф. р. применяют длительную (от неск. часов до неск. месяцев) выдержку образца с перемешиванием в термостате. В случае образования в системе твердых r -ров рекомендуется подход к равновесию сверху, от более высоких t -р, сочетающий быстрое охлаждение с целью получения мелких кристаллов и интенсивное перемешивание. При исследовании систем методом *термического анализа* обычно используют образцы, полученные сплавлением компонентов с последующим медленным охлаждением. В случае образования в системе твердых r -ров и инконгруэнтно плавящихся фаз, а также фаз, разлагающихся в твердом состоянии, требуется проведение предварит. отжига образца при фиксированной t -ре — от неск. часов до неск. месяцев. Для ускорения отжига сплавленных образцов рекомендуется предварит. быстрое охлаждение расплава.

При изучении твердых тел, состоящих из тугоплавких или разлагающихся при высоких t -рах компонентов, применяют такие методы подготовки образцов, как прессование таблеток смесей перед отжигом и прожег. перетирание смесей при отжиге, отжиг смесей солей или гелей, осажденных из водных или других r -ров и т. п.

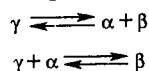
Типы Ф. р. В однокомпонентной системе (при наличии полиморфных превращений) возможны 4 вида двухфазных равновесий: жидкость — пар, кристалл — пар, кристалл — жидкость и кристалл — кристалл; 4 вида трехфазных равновесий: кристалл — жидкость — пар, кристалл — кристалл — жидкость, кристалл — кристалл — пар и кристалл — кристалл — кристалл; при этом не учитывается возможность образования *жидких кристаллов*. В двойных системах (компоненты А и В) возможны те же виды двухфазных равновесий, но число возможных видов трехфазных равновесий достигает 26 вследствие

того, что играет роль не только природа сосуществующих фаз (их агрегатное состояние), но и взаимное расположение фазовых полей на диаграмме состояния в координатах т-ра – состав (давление предполагается постоянным). Все эти Ф. р. делятся на два типа: эвтектич. Ф. р., при к-рых из трех одновременно участвующих в равновесии фаз при понижении т-ры одна испытывает превращение, а две другие при этом образуются, и перитектич. Ф. р., когда две фазы взаимодействуют (превращаются), при этом образуется третья фаза. В простейшем случае, если на основе компонентов А и В возможно образование жидкого р-ра L и двух твердых р-ров α и β , эвтектич. и перитектич. Ф. р. можно записать соотв. в виде р-ций:

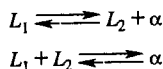


Поскольку в двойной системе состояние трехфазного равновесия является невариантным, эвтектич. и перитектич. р-ции происходят при постоянной т-ре, называемой соотв. эвтектической или перитектической, т. е. на диаграмме состояния этим равновесиям отвечают горизонталь.

В случае, если в определенной области т-р и составов все три равновесно сосуществующие фазы являются твердыми (у одного из компонентов существуют полиморфные модификации с образованием твердого р-ра γ), возможны трехфазные равновесия, наз. эвтектоидными и перитектоидными. Их можно представить соотв. р-циями, аналогично эвтектич. и перитектич. Ф. р.:



При наличии в нек-ром температурно-концентрационном интервале двух жидких фаз L_1 и L_2 и одной твердой (напр., α) возможны трехфазные равновесия, наз. монотектическое и синтектическое:



Нек-рые виды трехфазных равновесий, напр. те, при к-рых образуется жидкость в результате взаимодей. двух кристаллич. фаз при понижении т-ры, теоретически возможны, но реально, по-видимому, не наблюдаются. При переходе к тройным и более сложным системам число видов многофазных Ф. р. возрастает еще больше (см. *Тройная точка*).

Распределение компонентов между фазами системы при Ф. р. описывается законом распределения, устанавливающим, что отношение термодинамич. активностей примеси в двух фазах при Ф. р. является постоянной величиной. В первом приближении активности компонентов можно заменить их концентрациями. Одним из условий выполнимости закона распределения в-ва между фазами является одинаковость мол. состояния растворенного в-ва в обеих фазах, т. е. отсутствие ассоциации молекул. Замена активностей на концентрации допустима, если коэф. активности компонента в обеих фазах не зависит от концентрации, т. е. для идеальных р-ров (это условие обычно выполняется для очень разб. р-ров, в случае микроразбавлений). Отношение активностей компонентов наз. коэф. ф-ции коэф. распределения или коэф. относит. летучести и т. п.

Частные случаи закона распределения – правила и законы, выражающие равновесное распределение в-ва в двухфазных системах. Напр., для расчета равновесия жидкости и пара пользуются законами Рауля и Генри, первым – для в-ва, находящегося в избытке, вторым – для в-ва, являющегося примесью (см. *Генри закон*, *Рауля закон*). Распределение растворенного в-ва между двумя несмешивающимися жидкостями при постоянной т-ре характеризуется тем, что отношение его концентраций в этих двух фазах сохраняется постоянным (закон Бертло – Нернста). Распределение примеси между жидкой и твердой кристаллич. фазой описы-

вается распределениями Хлопина (равновесия) и Дёрнера – Хоскинса (см. *Соосаждение*).

Законы распределения являются основой разнообразных гетерогенных методов очистки (разделения), хотя само Ф. р. в процессе проведения этих методов очистки достигается далеко не всегда, а иногда сама возможность очистки обусловлена отсутствием Ф. р. (см. *Кристаллизационные методы разделения смесей*, *Ректификация*, *Экстракция жидкостная*).

Лит.: Райнз Ф., *Диаграммы фазового равновесия в металлургии*, пер. с англ., М., 1960; Сторонкин А. В., *Термодинамика гетерогенных систем*, ч. 1–2, Л., 1967; Гиббс Дж. В., *Термодинамика*. Статистическая механика, пер. с англ., 3 изд., М., 1982; Уэйлес С., *Фазовые равновесия в химической технологии*, пер. с англ., ч. 1–2, М., 1989.

И. И. Федоров.

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ, переходы в-ва из одной фазы в другую при изменении параметров состояния, характеризующих термодинамич. равновесие. Значение т-ры, давления или к.-л. др. физ. величины, при к-ром происходит Ф. п. в однокомпонентной системе, наз. точкой перехода. При Ф. п. I рода св-ва, выражаемые первыми производными энергии Гиббса G по давлению p , т-ре T и др. параметрам, меняются скачком при непрерывном изменении этих параметров. При этом выделяется или поглощается тепло q перехода. В однокомпонентной системе т-ра перехода T_1 связана с давлением p_1 Клапейрона – Клаузиуса уравнением $dp_1/dT_1 = Q/T_1 \Delta V$, где Q – тепло перехода, ΔV – скачок объема. Для Ф. п. I рода характерны гистерезисные явления (напр., перегрев или переохлаждение одной из фаз), необходимые для образования зародышей другой фазы и протекания Ф. п. с конечной скоростью. В отсутствие устойчивых зародышей перегретая (переохлажденная) фаза находится в состоянии метастабильного равновесия (см. *Зарождение новой фазы*). Одна и та же фаза может существовать (хотя и метастабильно) по обе стороны от точки перехода на диаграмме состояния (однако кристаллич. фазы нельзя перегреть выше т-ры плавления или сублимации). В точке Ф. п. I рода энергия Гиббса G как ф-ция параметров состояния непрерывна (см. рис. в ст. *Диаграмма состояния*), а обе фазы могут сосуществовать сколь угодно долго, т. е. имеет место т. наз. фазовое расщепление (напр., сосуществование жидкости и ее пара или твердого тела и расплава при заданном полном объеме системы).

Ф. п. I рода – широко распространенные в природе явления. К ним относятся испарение и конденсация из газовой в жидкую фазу, плавление и затвердевание, сублимация и конденсация (десублимация) из газовой в твердую фазу, большинство полиморфных превращений, нек-рые структурные переходы в твердых телах, напр. образование мартенсита в сплаве железо – углерод. В чистых сверхпроводниках достаточно сильное магн. поле вызывает Ф. п. I рода из сверхпроводящего в нормальное состояние.

При Ф. п. II рода самая величина G и первые производные по T , p и др. параметрам состояниям меняются непрерывно, а вторые производные (соотв. теплоемкость, коэф. сжимаемости и термич. расширения) при непрерывном изменении параметров меняются скачком либо сингулярны. Теплота не выделяется и не поглощается, явления гистерезиса и метастабильные состояния отсутствуют. К Ф. п. II рода, наблюдаемым при изменении т-ры, относятся, напр., переходы из парамагнитного (неупорядоченного) состояния в магнитоупорядоченное (ферро- и ферримангнитное в *Кюри точке*, антиферромагнитное в *Нееля точке*) с появлением спонтанной намагниченности (соотв. во всей решетке или в каждой из магн. подрешеток); переход диэлектрик – сегнетоэлектрик с появлением спонтанной поляризации; возникновение упорядоченного состояния в твердых телах (в упорядочивающихся сплавах); переход смектич. жидких кристаллов в нематич. фазу, сопровождающийся аномальным ростом теплоемкости, а также переходы между разл. смектич. фазами; λ -переход в ^4He , сопровождающийся возникновением аномально высокой теплопроводности и сверхтекучести (см. *Гелий*); переход металлов в сверхпроводящее состояние в отсутствие магн. поля.

Ф. п. могут быть связаны с изменением давления. Многие в-ва при малых давлениях кристаллизуются в плотноупакованные структуры. Напр., структура графита представляет собой ряд далеко отстоящих друг от друга слоев атомов углерода. При достаточно высоких давлениях таким рыхлым структурам соответствуют большие значения энергии Гиббса, а меньшим значениям отвечают равновесные плотноупакованные фазы. Поэтому при больших давлениях графит переходит в алмаз. Квантовые жидкости ^4He и ^3He при нормальном давлении остаются жидкими вплоть до самых низких из достигнутых т-р вблизи абс. нуля. Причина этого – в слабом взаимодействии атомов и большой амплитуде их «нулевых колебаний» (высокой вероятности квантового туннелирования из одного фиксированного положения в другое). Однако повышение давления приводит к затвердеванию жидкого гелия; напр., ^4He при 2,5 МПа образует гексагон. плотноупакованную решетку.

Общая трактовка Ф. п. II рода предложена Л. Д. Ландау в 1937. Выше точки перехода система, как правило, обладает более высокой симметрией, чем ниже точки перехода, поэтому Ф. п. II рода трактуется как точка изменения симметрии. Напр., в ферромагнетике выше точки Кюри направления спиновых магн. моментов частиц распределены хаотически, поэтому одновременное вращение всех спинов вокруг одной и той же оси на одинаковый угол не меняет физ. св-в системы. Ниже точки перехода спины имеют преимуществ. ориентацию, и совместный их поворот в указанном выше смысле изменяет направление магн. момента системы. В двухкомпонентном сплаве, атомы к-рого А и В расположены в узлах простой кубич. кристаллич. решетки, неупорядоченное состояние характеризуется хаотич. распределением А и В по узлам решетки, так что сдвиг решетки на один период не меняет св-в. Ниже точки перехода атомы сплава располагаются упорядоченно: ...ABAB... Сдвиг такой решетки на период приводит к замене всех атомов А на В и наоборот. Т. обр., симметрия решетки уменьшается, т. к. подрешетки, образуемые атомами А и В, становятся неэквивалентными.

Симметрия появляется и исчезает скачком; при этом нарушение симметрии можно охарактеризовать физ. величиной, к-рая при Ф. п. II рода изменяется непрерывно и наз. параметром порядка. Для чистых жидкостей таким параметром является плотность, для р-ров – состав, для ферро- и ферромагнетиков – спонтанная намагниченность, для сегнетоэлектриков – спонтанная электрич. поляризация, для сплавов – доля упорядочившихся атомов для смектич. жидких кристаллов – амплитуда волны плотности и т. п. Во всех перечисленных случаях при т-рах выше точки Ф. п. II рода параметр порядка равен нулю, ниже этой точки начинается его аномальный рост, приводящий к макс. значению при $T = 0$.

Отсутствие теплоты перехода, скачков плотности, и концентраций, характерное для Ф. п. II рода, наблюдается и в критич. точке на кривых Ф. п. I рода (см. *Критические явления*). Сходство оказывается очень глубоким. Состояние в-ва около критич. точки также можно охарактеризовать величиной, играющей роль параметра порядка. Напр., в случае равновесия жидкость – пар таким параметром служит отклонение плотности от критич. значения: при движении по критич. изохоре со стороны высоких т-р газ однороден и отклонение плотности от критич. значения равно нулю, а ниже критич. т-ры в-во расслаивается на две фазы, в каждой из к-рых отклонение плотности от критической не равно нулю.

Поскольку вблизи точки Ф. п. II рода фазы мало отличаются друг от друга, возможно существование флуктуаций параметра порядка, точно так же, как вблизи критич. точки. С этим связаны критич. явления в точках Ф. п. II рода: аномальный рост магн. восприимчивости ферромагнетиков и диэлектрич. восприимчивости сегнетоэлектриков (аналогом является рост сжимаемости вблизи критич. точки перехода жидкость – пар); резкий рост теплоемкости; аномальное рассеяние световых волн в системе жидкость – пар (т. наз. критич. опалесценция), рентгеновских лучей в твердых телах,

нейтронов в ферромагнетиках. Существенно меняются и динамич. процессы, что связано с очень медленным расслаиванием образовавшихся флуктуаций. Напр., вблизи критич. точки жидкость – пар сужается линия рэлеевского рассеяния света, вблизи точек Кюри и Нееля соств. в ферромагнетиках и антиферромагнетиках замедляется спиновая диффузия (происходящее по законам диффузии распространение избыточной намагниченности). Средний размер флуктуаций (корреляционный радиус) растет по мере приближения к точке Ф. п. II рода и становится в этой точке аномально большим. Это означает, что любая часть в-ва в точке перехода «чувствует» изменения, произошедшие в остальных частях. Наоборот, вдали от точки перехода II рода флуктуации статистически независимы и случайные изменения состояния в данной части системы не сказываются на св-вах других ее частей.

Деление Ф. п. на два рода несколько условно, т. к. бывают Ф. п. I рода с малыми скачками параметра порядка и малыми теплотами перехода при сильно развитых флуктуациях. Это наиб. характерно для переходов между жидкокристаллич. фазами. Чаще всего это Ф. п. I рода, очень близкие к Ф. п. II рода. Поэтому они, как правило, сопровождаются критич. явлениями. Природа многих Ф. п. в жидких кристаллах определяется взаимодействием неск. параметров порядка, связанных с разл. типами симметрии. В нек-рых орг. соед. наблюдаются т. наз. возвратные жидкокристаллич. фазы, появляющиеся при охлаждении ниже т-р существования первичных нематич., холестерич. и смектич. фаз.

Особая точка на фазовой диаграмме, в к-рой линия переходов I рода превращается в линию переходов II рода, наз. трикритич. точкой. Трикритич. точки обнаружены на линиях Ф. п. в сверхтекучее состояние в р-рах ^4He – ^3He , на линиях ориентационных переходов в галогенидах аммония, на линии переходов нематич. жидкий кристалл – смектич. жидкий кристалл и в др. системах.

Лит.: Браун Р., Фазовые переходы, пер. с англ., М., 1967; Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Статистическая физика, ч. 1, 3 изд., М., 1976; Пикни С. А., Структурные превращения в жидких кристаллах, М., 1981; Паташиский А. З., Покровский В. Л., Флуктуационная теория фазовых переходов, 2 изд., М., 1982; Анисимов М. А., Критические явления в жидкостях и жидких кристаллах, М., 1987.

М. А. Анисимов.

ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ, определение хим. состава и кол-ва отдельных фаз в гетерогенных системах или индивидуальных форм соед. элементов в рудах, сплавах, полупроводниках и др. Объектом Ф. а. всегда является твердое тело.

Название «Ф. а.» стало доминирующим, хотя нек-рые авторы продолжают использовать др. термины: вещественный, рациональный, композиционный, локально-распределит. анализ. Обилие названий – следствие историч. процесса становления Ф. а. Он возник из практич. потребностей металлургии и металловедения, с одной стороны, и горно-обогатит. произ-ва – с другой. Позднее Ф. а. стал необходимым в технологии полупроводников, при экологич. исследованиях и в произ-ве пищ. продуктов.

Ф. а. металлов и сплавов появился впервые в кон. 19 в. как «анализ осадка», т. е. нерастворенного остатка после обычной аналит. процедуры р-рения металла в к-те. Такие осадки состояли из карбидов и оксидов элементов, входящих в состав сталей. Осмысление результатов этого анализа послужило стимулом к поискам более точных и управляемых методов выделения как существенных фазовых составляющих – карбидов и нитридов, так и примесей неметаллич. включений – оксидов, сульфидов и т. п. В результате этого в 30-х гг. 20 в. возникли разл. варианты *анодного растворения*. Теория электрохим. фазового анализа сплавов была разработана только в 50-х гг. 20 в. в связи с определением интерметаллидных соед. в жаропрочных сплавах. Одновременно произошла стыковка такого Ф. а. с др. первоначально особым направлением аналит. химии в металлургии – анализом газообразующих примесей в металлах. Для Ф. а. стали использовать физ. методы, прежде всего *рентгеновский фазовый анализ, электронографию*, а также электронно-зондовые методы, методы эмиссионного *спектрального анализа*, резонансные методы (напр., *ядерный магнитный резонанс*).

Осн. методом Ф. а. в горной пром-сти был процесс изби- рательного хим. р-рения с помощью к-т, щелочей, солей, окислит.-восстановит. реагентов и комплексобразующих в-в. В этой области Ф. а. использовали для разработки рациональ- ных технологий флотационного разделения и обогащения горных хим. сырья, его гидрометаллургич. обработки. При этом прежде всего стояли задачи идентификации, выявления и разделения разл. оксидных или сульфидных соед. нескольких металлов или одного металла в разных степенях окисления. Причем эти соед. могли быть не только нативными (исход- ными) фазами – минералами, но и виртуальными (промежу- точными, т.е. изолируемыми в ходе анализа, как, напр., индивидуальные оксиды, выделяемые из сложных прир. соед. при обработке реагентами). Поэтому такой анализ можно было считать фазовым более или менее условно, а по суще- ству он был рациональным (т.е. служил основой рациональ- ной технологии) и вещественным, т.е. направленным на выделение и определение данного сложного или простого в-ва, независимо от того, составляет ли оно с самого начала определенную фазу.

Т. обр. в основе Ф. а. в металловедении лежат окислит.-вос- становит. процессы, а в основе Ф. а. руд – ионные равновесия, характеризуемые произведением р-римости и константами комплексобразования, но с учетом особенностей структуры минералогич. агрегатов.

Прогресс материаловедения полупроводников, разработка деталей представлений о дислокациях, о роли нестехиометричности твердых тел ставят новые задачи перед Ф. а. материалов, к-рый должен давать сведения об образованиях, не являющихся фазами в классич. понимании. Эти задачи решают с помощью разл. микронзондов, оже-спектрометров (см. *Оже-спектроскопия*) и т.д. В этих условиях целесооб- разно к методам Ф. а. относить все методы, связанные с выделением и микроанализом нативных и виртуальных фаз, а к вещественному, или локально-распределительному, ана- лизу – анализ. методы, характеризующие т. наз. хим. гетеро- генность (т.е. неоднородность по хим. составу) твердых тел.

Лит.: Физико-химические методы фазового анализа сталей и сплавов, под ред. Н. Ф. Лашко, М., 1970; Аналитическая химия полупроводников, Кипш., 1975; Филиппова Н. А., Фазовый анализ руд и продуктов их переработки, 2 изд., М., 1975; Клячко Ю. А., Ларина О. Д., «Ж. Вещ. хим. об-ва им. Менделеева», 1980, т. 25, № 6, с. 681-90; Данцер К., Тан Э., Молях Д., Аналитика. Систематический обзор, под ред. Ю. А. Клячко, М., 1981; Брайнина Х. З., Видревич М. Б., «Заводская лаборатория», 1985, т. 51, № 1, с. 3-9; Koch W., Metallkundliche Analyse, Düsseldorf, 1965.

Ю. А. Клячко.

ФАРАДЬЕВСКОГО ВЫПРЯМЛЕНИЯ МЕТОД, метод ис- следования механизма и кинетики процессов на границе электрод – электролит. Основан на измерении эффектов нелиней- ности вольтамперной характеристики электрохим. системы. Вольтамперная характеристика, выражающая связь между на- пряжением и током, пропущенным через ячейку, м. б. пред- ставлена в виде разложения в степенной ряд, при этом, как правило, ограничиваются квадратичными членами (диффе- ренциалами второго порядка). В регистрируемом отклике ячейки на воздействующий синусоидальный ток выделяют на той же частоте синусоидальное напряжение, отстающее от то- ка по фазе (амплитуда и фаза характеризуют линейные пара- метры), и сигналы второго порядка малости: постоянная со- ставляющая, составляющая на второй гармонике, составля- ющие комбинационных частот.

Измерение эффектов второго порядка используют для по- лучения информации о нелинейности *электрохимической кинетики*, изучения тонкой структуры *двойного электриче- ского слоя*. Ф. в. м. весьма чувствителен к неравномерности в распределении поверхностного заряда и адсорбции, поликри- сталличности электрода, несимметричности электролита (см. *Растворы электролитов*). При измерениях применяют малые и умеренные по величине воздействующие сигналы: амплиту- да высокочастотного синусоидального напряжения на реак- ционном слое электролита вблизи пов-сти электрода состав- ляет не более 5 мВ. При таких амплитудах нелинейность омич. сопротивления р-ра электролита не проявляется, и отклик в виде комбинации сигналов второго порядка несет

информацию исключительно о нелинейности собственно приэлектродного слоя. Это позволяет изучать быстрые р-ции (константа скорости более $1 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$).

Измерения эффектов второго порядка обладают существен- ным преимуществом всех дифференциальных методов – по- вышенной точностью в области слабого изменения стацио- нарной вольтамперной характеристики системы, напр. в об- ластях ее экстремумов. Эта особенность реализуется для определения точного значения *потенциала нулевого заряда*, расположенного вблизи минимума на кривой зависимо- сти емкости двойного электр. слоя от электродного потен- циала.

В полярографии Ф. в. м. используют в условиях обратимо- сти электродных процессов при анализе в-в с пределом обнаружения в интервале концентраций от 10^{-7} до 10^{-8} М и менее.

Лит. см. при ст. *Электрохимический импеданс, Импедансный метод*.

В. В. Елкин.

ФАРАДЬЕ ЗАКОНЫ, основные законы *электролиза*, отра- жающие общий закон сохранения в-ва в условиях протекания электрохим. р-ции. Установлены М. Фарадеем в 1833-34. Со- гласно 1-му закону, масса в-ва m , прореагировавшего в процессе электролиза, прямо пропорциональна силе тока I и времени электролиза t , т.е. кол-ву пропущенного электриче- ства $Q = It$ (предполагается, что I не зависит от t ; в противном

случае масса m пропорциональна $\int_{t_1}^{t_2} Idt$, где t_1 и t_2 – моменты

включения и выключения тока). Согласно 2-му закону, для разных электродных процессов при одинаковом кол-ве пропущенного электричества Q массы прореагировавших в-в относятся друг к другу так же, как *эквиваленты химические* этих в-в. Оба Ф. з. объединяются одним ур-нием:

$$m = (1/F)Qz/z_0$$

где M – мол. м. в-ва, участвующего в электролизе, z – число элементарных зарядов, соответствующее превращению одной молекулы этого в-ва, $1/F$ – коэф. пропорциональности, об- щий для всех в-в, F – *Фарадея постоянная*, равная 96484,56 Кл/моль.

Ф. з. относятся к числу строгих законов, но в ряде случаев могут наблюдаться кажущиеся отклонения от них, вызывае- мые след. причинами: 1) в нестационарных условиях элект- ролиза часть электричества затрачивается на зарядку *двой- ного электрического слоя*; 2) если электролит обладает элект- ронной проводимостью (напр., р-р металл. Na в жидком аммиаке), то часть тока через электролит переносят электро- ны, а не ионы, и соответствующее кол-во электричества не участвует в процессе электролиза; 3) наряду с основным процессом электролиза, напр. образованием металлич. Zn по р-ции $\text{Zn}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Zn}$, часть тока может затрачиваться на протекание параллельных электрохим. р-ций, напр.: $2\text{H}_3\text{O}^+ + 2e = \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{O}_2 + 4e + 4\text{H}_3\text{O}^+ = 6\text{H}_2\text{O}$. Системы, в к-рых полностью исключены указанные причины кажущихся отклонений от Ф. з., получили назв. *кулонометров*; их использование позволяет по кол-ву образовавшихся продук- тов электролиза точно определить кол-во пропущенного электричества. В кулонометрах обычно применяют электро- хим. р-ции $\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}$ или $3\text{I}^- = \text{I}_3 + 2e$.

Ф. з. сыграли важную роль в понимании природы хим. связи и развития атомно-молекулярной теории. Их используют при выводе всех ур-ний, описывающих электрохим. превращения в-в на границах раздела проводников 1-го и 2-го рода (см. *Электрохимическая кинетика*). Практич. применение Ф. з. находят в *кулонометрии*, а также при определении выхода р-ции по току, т.е. отношения теоретич. кол-ва электричест- ва, рассчитанного на основе Ф. з., к кол-ву электричества, реально затраченному на получение данного в-ва в процессе электролиза.

Лит.: Аитропов Л. И., Теоретическая электрохимия, 4 изд., М., 1984, с. 278-86.

Б. Б. Дамаскин.

ФАРАДЕЯ ПОСТОЯННАЯ, F , фундам. физ. константа, равная произведению величины элементарного заряда на *Авогадро постоянную* N_A : $F = eN_A = 96484,56$ Кл/моль. Ф. п. может быть найдена двумя способами: 1) из приведенного выше соотношения; 2) из ур-ния $F = QM/z$, вытекающего из *Фарадея законов*. Здесь Q – кол-во электричества, пропущенного через кулонометр, m – масса выделившегося при электролизе в-ва, M – его мол. м., z – число элементарных зарядов, участвующих в образовании одной молекулы этого в-ва. В пределах достигнутой точности измерений ($\pm 0,01$ Кл/моль) оба способа дают совпадающие результаты.

Б. Б. Дамаскин.

ФАРАДЕЯ ЭФФЕКТ, заключается во вращении плоскости поляризации линейно поляризованного света, распространяющегося в в-ве вдоль постоянного магн. поля, в к-ром находится в-во.

Под влиянием магн. поля заряженные частицы в-ва приобретают вращат. движение в плоскости, перпендикулярной направлению поля. У в-ва появляется наведенный магн. момент. Поскольку электр. и магн. индукции в в-ве зависят от наличия магн. момента и магн. поляризации среды под влиянием поля, то эта зависимость проявляется в том, что у световой монохроматич. волны, распространяющейся в направлении поля и поляризованной по кругу, возникает сдвиг фазы, причем знак сдвига зависит от направления круговой поляризации. В результате для любой волны, представляющей собой суперпозицию двух компонент – волн, поляризованных по кругу в противоположных направлениях, – меняется соотношение фаз компонент. В частности, линейно поляризованный свет, представляющий собой линейную комбинацию с равными весами лево- и правополяризованных по кругу волн, переходит вновь в линейно поляризованный, но с повернутой (на угол α) относительно направления распространения волны плоскостью поляризации. Такое изменение фаз эквивалентно различию показателей преломления в-ва (или, что то же, скорости распространения световой волны) для лево- и правополяризованных волн.

В области не очень сильных магн. полей угол вращения α плоскости поляризации определяется ф-лой:

$$\alpha = V(\omega, T) \cdot l \cdot B,$$

где $V(\omega, T)$ – постоянная Верде, зависящая от св-в в-ва, частоты ω монохроматич. излучения и т-ры T ; l – оптич. длина пути, напр., длина кюветы, в к-рой находится в-во; B – магн. индукция постоянного магн. поля. Для р-ра концентрации с величиной l надо заменить на cl . Постоянная Верде V_M для моля в-ва определяет молярное вращение чистого в-ва: $V_M = VM/\rho$ (M – молярная масса, ρ – плотн. в-ва) или молярное вращение в-ва в р-ре: $V_M = V/c$.

Знак угла вращения α принимается положительным для вращения плоскости поляризации по часовой стрелке, если распространение света совпадает с направлением магн. поля и наблюдатель смотрит на источник света. Такой выбор знаков распространен в химии; в физике обычно принят обратный выбор знаков. По численному значению постоянные Верде, как правило, очень малы: сотые доли угловых минут. Для ряда парамагн. в-в они составляют десятки доли минуты. Наиб. значения, достигающие десятков минут, постоянные Верде имеют для ферромагн. в-в.

При частоте D-линии натрия ($\omega \approx 17000$ см⁻¹) для большинства в-в постоянные Верде отрицательны и лишь нек-рые парамагн. в-ва (напр., соли железа) вращают плоскость поляризации в положит. направлении. При обратном прохождении луча света его плоскость поляризации вращается в противоположную сторону по отношению к этому лучу, тогда как по отношению к направлению поля B – в том же направлении, что и при прямом прохождении. Это позволяет использовать многократное прохождение луча для накопления угла поворота α .

Зависимость угла поворота α от частоты наз. дисперсией магн. оптич. вращения: $\alpha = \alpha(\omega)$. Дисперсия сильно зависит от структуры энергетич. спектра молекулы, в частности от того, как проявляется *Зеемана эффект* у вырожденных в отсутствие магн. поля энергетич. уровней. Переходы

между зеемановскими подуровнями, расщепленными в присут. поля, из-за Ф.э. оказываются поляризованными, что в свою очередь сказывается на форме кривых дисперсии магн. оптич. вращения. С этими же причинами – поляризацией переходов – связан и магн. круговой дихроизм, определяемый разностью молярных коэф. поглощения лево- и правополяризованного по кругу света: $\Delta\epsilon(\omega) = \epsilon_L(\omega) - \epsilon_R(\omega)$.

В химии часто используют эмпирич. соотношения, связывающие постоянные Верде с хим. строением молекул, напр. в гомологич. рядах применяют аддитивность величин V_M по структурным фрагментам молекул. Более точно аддитивность выполняется для т. наз. мол. постоянной магн. вращения $D = 9nV_M/(n^2 + 2)$, где n – показатель преломления. Отклонения от аддитивности связывают с проявлением особых, специфич. эффектов взаимного влияния атомов в молекуле. Так, на основе анализа подобных отклонений было высказано предположение об уменьшении ароматичности молекул фторбензола и фурана по сравнению с бензолом и т. п. Методы, использующие Ф.э., применяют также для качеств. и количеств. анализа р-ров ряда в-в в широких интервалах концентраций. Магн. круговой дихроизм используют при изучении высокосимметричных в-в (координац. соединений, биологически активных в-в с симметричными активными центрами и др.), поскольку именно для таких в-в наиб. часто встречаются вырожденные состояния.

Эффект открыт М. Фарадеем в 1845.

Н. Ф. Степанов.

ФАРМАКОКИНЕТИКА (от греч. *phármakon* – лекарство и *kinētikós* – приводящий в движение), изучает кинетич. закономерности процессов, происходящих с лек. ср-вом в организме. Осн. фармакокинетич. процессы: всасывание, распределение, метаболизм и экскреция (выведение).

Основы Ф. создавались учеными разных специальностей в разл. странах. В 1913 нем. биохимики Л. Михаэлис и М. Ментен предложили ур-ние кинетики ферментативных процессов, широко используемое в современной Ф. для описания метаболизма лек. ср-в (см. *Ферментативных реакций кинетика*). Швед. физиологи Э. Видмарк, Д. Тандберг (1924) и Т. Теорелл (1937) применяли системы дифференциальных ур-ний при анализе разл. способов введения лек. ср-в. Америк. физиолог В. Гамильтон и другие (1931) использовали метод статистич. моментов для оценки параметров Ф. по эксперим. данным. Основы метаболизма лек. ср-в были заложены англ. биохимики Х. Бреем, В. Торпом и К. Уайтом (1951). Практич. аспекты применения Ф. для оптимизации фармакотерапии разрабатывали К. Лапп во Франции (1948–56), А. ван Гемерт и др. в Дании (1950), Э. Крюгер-Тиммер (1960) и Ф. Дост (1953–68) в Германии (последний – автор термина «Ф.»).

Развитие Ф. до нач. 50-х гг. 20 в. сдерживалось отсутствием высокочувствит. и селективных методов анализа микроконцентраций лек. в-в в биол. средах и недостаточной компьютеризацией исследований. С решением этих проблем Ф. получила дальнейшее развитие. В России развитие Ф. началось в 60-х гг. и связано с именами В. А. Филова, В. Н. Соловьева и В. П. Яковлева.

Ф. содействует решению проблемы эффективности и безопасности фармакотерапии путем исследования зависимости терапевтич., токсич. и побочных эффектов лек. ср-в от их концентраций в месте действия или в анализируемой биол. среде (чаще всего в крови) и расчету оптим. режимов введения препаратов для создания и поддержания оптим. концентраций лек. в-в.

Для определения микроконцентраций лек. в-в и продуктов их метаболизма используют хроматографию, спектральные, иммунохим., радиоизотопные и др. методы.

Всасывание. Во всех случаях, когда лек. ср-во вводится не в сосудистое русло, оно попадает в кровь путем всасывания; в случае твердой формы сначала происходит растворение (высвобождение), а затем молекулы лек. в-ва проникают в системный кровоток, чаще всего путем простой диффузии из места введения, а иногда с помощью активного транспорта. Т. наз. пролонгированные (ретардированные) лек. формы

обеспечивают медленное, контролируемое поступление лек. в-ва в организм.

При приеме внутрь лек. в-ва основного характера (амины) всасываются обычно в тонком кишечнике (сублингальные лек. формы всасываются из ротовой полости, ректальные — из прямой кишки), лек. в-ва нейтрального или кислого характера начинают всасываться уже в желудке.

Всасывание характеризуется скоростью и степенью всасывания (т. наз. биодоступностью). Степень всасывания — кол-во лек. в-ва (в % или в долях), к-рое попадает в кровь при разл. способах введения. На всасывание сильно влияют лек. форма, а также др. факторы. При приеме внутрь многие лек. в-ва в процессе всасывания под действием ферментов печени (или к-ты желудочного сока) биотрансформируются в метаболиты, в результате чего лишь часть лек. в-ва достигает кровяного русла. Степень всасывания лек. в-ва из желудочно-кишечного тракта, как правило, снижается при приеме лекарства после еды.

Влияние лек. форм на всасывание, пути и способы введения лек. ср-в изучает спец. раздел Ф.— «биофармация».

Распределение по органам и тканям. В организме лек. в-во распределяется между кровью, межклеточной жидкостью и клетками тканей. Распределение зависит от относит. сродства молекул лек. в-ва к биомакромолекулам крови и тканей. Необходимое условие реализации фармакологич. действия лек. в-ва — его проникновение в ткани-мишени; напротив, попадание лек. в-ва в индифферентные ткани снижает действующую концентрацию и может привести к нежелат. побочным эффектам (напр., к канцерогенезу).

Для количеств. оценки распределения дозы лек. в-ва делят на его начальную концентрацию в крови (плазме, сыворотке), экстраполированную к моменту введения, или используют метод статистич. моментов. Получают условную величину объема распределения (объем жидкости, в к-ром нужно растворить дозу, чтобы получить концентрацию, равную кажущейся начальной концентрации). Для нек-рых водорастворимых лек. в-ва величина объема распределения может принимать реальные значения, соответствующие объему крови, внеклеточной жидкости или всей водной фазы организма. Для жирорастворимых лек. ср-в эти оценки могут превышать на 1–2 порядка реальный объем организма благодаря избират. кумуляции лек. в-ва жировыми и др. тканями.

Метаболизм. Лек. в-ва выделяются из организма либо в неизмененном виде, либо в виде продуктов их биохим. превращений (метаболитов). При метаболизме наиб. распространены процессы окисления, восстановления, гидролиза, а также соединения (конъюгация) с остатками глюконовой, серной, уксусной к-т. Метаболиты, как правило, более полярны и лучше растворимы в воде по сравнению с исходным лек. в-вом, поэтому быстрее выводятся с мочой. Метаболизм может протекать спонтанно, но чаще всего катализируется ферментами (напр., цитохромами), локализованными в мембранах клеток и клеточных органелл печени, почек, легких, кожи, мозга и др.; нек-рые ферменты локализованы в цитоплазме. Биол. значение метаболит. превращений — подготовка липорастворимых лек. ср-в к выведению из организма.

Экскреция. Лек. в-ва выводятся из организма с мочой, калом, потом, слюной, молоком, с выдыхаемым воздухом. Выведение зависит от скорости доставки лек. в-ва в выделит. орган с кровью и от активности собственно выделит. систем. Водорастворимые лек. в-ва выводятся, как правило, через почки. Этот процесс определяется алгебраич. суммой трех осн. процессов: гломерулярной (клубочковой) фильтрации, канальцевой секреции и реабсорбции. Скорость фильтрации прямо пропорциональна концентрации своб. лек. в-ва в плазме крови; канальцевая секреция реализуется насыщенными транспортными системами в нефроне и характерна для нек-рых орг. анионов, катионов и амфотерных соед.; реабсорбции могут подвергаться нейтральные формы лек. в-ва. Полярные лек. в-ва с мол. м. более 300 выводятся преим. с желчью и далее с калом: скорость выведения прямо пропорциональна потоку желчи и отношению концентраций лек. в-ва в крови и желчч. Остальные пути выделения менее

интенсивны, но м. б. исследованы при изучении Ф. В частности, нередко анализируют содержание лек. в-ва в слюне, поскольку концентрация в слюне для мн. препаратов пропорциональна их концентрации в крови, исследуют также концентрацию лек. в-ва в грудном молоке, что важно для оценки безопасности грудного вскармливания.

Математические модели. Для обработки и интерпретации фармакокинетич. эксперимента используют разл. варианты мат. моделирования. В т. наз. компартментальной (частевой, камерной) модели организм представлен как совокупность взаимосвязанных абстрактных частей (камер), между к-рыми и внутри к-рых происходят процессы распределения, метаболизма и выведения лек. в-ва. При условии, что скорости этих процессов пропорциональны концентрации (или кол-ву) лек. в-ва в той части, где этот процесс происходит, изменение концентрации определяется ур-нием:

$$C_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \exp(-a_j t),$$

где n — число камер модели, A_{ij} — предэкспоненциальные множители, a_j — константа скорости, t — время.

Принципиальные недостатки такой модели — неопределенность понятия «часть», невозможность строгой идентификации числа частей и параметров, погрешности в статистич. оценках последних.

Для решения задач прикладной Ф. широко используют методы системного подхода и теории вероятности. В первом случае систему организм — лек. в-во рассматривают как целое («черный ящик»). Для оценки параметров применяют принцип материального баланса, т. е. равенства между кол-вами поступившего и выведенного лек. в-ва (после однократной дозы) или достижения равенства скоростей поступления и выведения лек. ср-ва (при длит. введении):

$$F \cdot D = CL \cdot AUC; F \cdot R = CL \cdot C_{ss},$$

где D — доза, F — степень всасывания, AUC — площадь под кинетич. кривой изменения концентрации в крови (плазме, сыворотке) после однократного введения, R — скорость поступления лек. в-ва в организм, C_{ss} — средняя стационарная концентрация при длит. введении, CL — клиренс, кол-во крови (в мл), к-рое очищается от лек. в-ва в единицу времени. При внутрисосудистом введении $F = 1$. При внесосудистом введении степень всасывания (F) оценивается путем сравнения площадей под кинетич. кривыми, соответствующими разным путям введения лек. в-ва.

Вероятностный подход рассматривает кинетич. кривые как кривые плотности распределения молекул лек. в-ва по времени их пребывания в анализируемой среде. С помощью статистич. моментов рассчитывают т. наз. немодельные параметры (среднее время удерживания лек. в-ва в организме, клиренс лек. в-ва и объем его распределения).

Для решения задач фундам. Ф. используют модель физиол. (перфузионного) типа (впервые предложили К. Бичофф и Р. Браун в 1966), где в качестве частей рассматриваются реальные органы и ткани, связанные артериальным и венозным кровоснабжением. Параметры модели — объемы органов, скорости кровотока через них, коэффициенты распределения лек. в-ва между кровью и тканями, метаболит. и выделит. активность органов — оцениваются экспериментально. Реализация модели осуществляется путем решения системы дифференциальных ур-ний с известными параметрами. Физиол. модель используется при решении такой сложной и важной задачи, как межвидовой перенос данных Ф.

Влияние разл. факторов на Ф. На фармакокинетич. процессы влияют: св-ва лек. формы и ее способность высвободить активное начало, физ. и хим. св-ва действующего в-ва (величина молекулы, р-римость, липофильность, наличие полярных групп и активных центров и др.), объем органов и тканей, скорость потока крови через них, проницаемость капилляров и клеточных мембран, pH вне- и внутриклеточных сред, кол-во и активность метаболит. ферментов и компонентов активных транспортных систем, характеристич.

ки распределения между кровью и тканями, функцион. активности выделят. органов, а также возраст, патологич., генетич. факторы, климат, характер питания, биол. ритмы и т. д. К группам риска в Ф. относят больных пожилого и детского возраста, беременных и больных с заболеваниями выделят. органов.

Ф. наряду с фармакодинамикой (изучает действие лек. в-ва на организм) позволяет выработать основы рациональной тактики лек. лечения.

Лит.: Соловьев В. Н., Фирсов А. А., Филев В. А., Фармакокинетика, М., 1980; Лакин К. М., Крылов Ю. Ф., Биотрансформация лекарственных веществ, М., 1981; Холодов Л. Е., Яковлев В. П., Клиническая фармакокинетика, М., 1985; Wagner J. G., Fundamentals of clinical pharmacokinetics, Hamilton, 1975.

Л. Е. Холодов, В. А. Горько.

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ, изучает способы получения *лекарственных средств*, их биол. активность, физ. и хим. св-ва, а также методы качеств. и количеств. анализа. Осн. проблемы Ф. х.: получение биологически активных в-в и их исследование; выявление закономерности между строением и биол. активностью хим. соед.; совершенствование оценки качества лек. ср-в для обеспечения их макс. терапевтич. эффективности и безопасности; исследование и разработка методов анализа лек. в-в в биол. объектах для токсикологич. и эколого-фармацевтич. мониторинга.

Ф. х. тесно связана со спец. дисциплинами, такими, как технология лек. форм, фармакогнозия (изучает лек. сырье растит. и животного происхождения), организация и экономика фармации, и входит в комплекс дисциплин, формирующих базовое фармацевтич. образование.

Применение хим. в-в в качестве лек. ср-в осуществлялось уже в античной и средневековой медицине (Гиппократ, Гален, Авиценна). Возникновение Ф. х. обычно связывают с именем Парацельса (способствовал внедрению хим. препаратов в медицину) и последующими открытиями лечебного действия мн. хим. соед. и элементов (К. Шееле, Л. Воклен, Б. Куртуа), а также с работами М. В. Ломоносова и его школы по способам получения и методам исследования качества лек. ср-в. Формирование Ф. х. как науки относят ко 2-й пол. 19 в. К этапным периодам развития Ф. х. следует отнести 90-е гг. 19 в. (получение аспирина, фенацетина, барбитуратов), 1935–37 (применение сульфаниламидов), 1940–42 (открытие пенициллина), 1950 (психотропные препараты группы фенотиазина), 1955–60 (полусинтетич. пенициллины и позже цефалоспорины), 1958 (β-адреноблокаторы) и 80-е гг. (антибактериальные препараты группы фторхинолонов).

Предпосылками для поиска лек. ср-ва обычно служат данные о биол. активности в-ва, схожести его структуры с биогенными физиологически активными в-вами (напр., разл. метаболитами, гормонами). Иногда лек. ср-ва удается получать модификацией биогенных соед. (напр., стероидных гормонов животных) или благодаря исследованию в-в, чуждых человеческому организму (напр., производные фенотиазина и бензодиазепаина).

Синтетич. в-ва получают путем орг. синтеза или применяют методы *микробиологического синтеза*, используя достижения *генетической инженерии*.

Важное значение в Ф. х. имеют методы исследования содержания лек. в-ва в препарате, его чистоты и др. факторов, положенных в основу показателей качества. Анализ лек. ср-в, или фармацевтич. анализ, имеет своей целью идентифицировать и осуществить количественное определение осн. компонента (или компонентов) в лекарстве. Фармацевтич. анализ в зависимости от фармакологич. действия лекарства (назначение, дозировка, способ введения) предусматривает определение примесей, вспомогат. и сопутствующих в-в в лек. формах. Лек. ср-ва оценивают комплексно, по всем показателям. Поэтому выражение «фармакопейное качество» означает пригодность препарата для применения в медицине.

Соответствие лек. ср-в требуемому уровню качества устанавливают с помощью стандартных методов анализа, обычно оговоренных в фармакопее. Для идентификации лек. в-в наряду с групповыми хим. р-циями используют ЯМР и ИК спектроскопию. Для анализа многокомпонентных лек. форм

обычно применяют тонкослойную хроматографию. Испытания на чистоту призваны подтвердить отсутствие (в пределах используемого метода) отдельных примесей, а в ряде случаев провести оценку их содержания. Для этой цели используют хроматографич. методы, часто в сочетании с оптическими.

Фармакокинетич. характеристики лек. ср-в (действие препарата и его распределение в организме во времени) представляют исключительно важную и обязательную информацию, обеспечивающую рациональное и эффективное применение лекарств, позволяя расширить знания в отношении специфичности их действия. Это обстоятельство требует разработки объективных методик оценки содержания в-в в биол. жидкостях.

Расширение арсенала лек. ср-в в результате их синтеза или получения из прир. источников, возрастающая доступность лек. ср-в вследствие международного сотрудничества делают необходимыми усиление контроля за их биоэквивалентностью и качеством. Экологич. требования обуславливают введение дополнит. показателей качества как для исходного сырья, так и изготовленных из него лек. ср-в (радиоактивность, наличие тяжелых металлов и др.).

Благодаря достижениям Ф. х. созданы лек. ср-ва, к-рые обеспечивают здравоохранение безопасными и эффективными методами лечения мн. заболеваний. В то же время проблемой для Ф. х. остается создание ср-в для борьбы с онкологич., сердечно-сосудистыми и вирусными заболеваниями.

Лит.: Беляков В. Г., Фармацевтическая химия, М., 1985; Руководство к лабораторным занятиям по фармацевтической химии, под ред. А. П. Арзамасцева, М., 1987; Государственная фармакопея СССР, 11 изд., в. 1, М., 1987.

А. П. Арзамасцев.

ФАРНЕЗОЛ (3,7,11-триметил-2,6,10-додекатриен-1-ол) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{OH}$, мол. м. 222,36; вязкая бесцв. жидкость, при сильном разбавлении имеет нежный устойчивый запах ландышей; т. кип. 263 °C, 160 °C/10 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,885–0,889; n_D^{20} 1,487–1,489; раств. в пропиленгликоле и эфирных маслах, р-имость в 70%-ном этаноле 1:3. Содержится в неролиевом, цитронелловом, розовом и мн. других цветочных маслах. Выделяют Ф. из эфирных масел или получают изомеризацией неролидола. Применяют как душистое в-во и фиксатор в парфюмерии, как сырье для получения душистого в-ва – фарнезилацетата и для синтеза нек-рых гормонов насекомых.

Л. А. Хейфиз.

ФАРФОР, керамич. плотный материал и изделия; относится к тонкой *керамике*. Различают художественно-декоративные, хозяйственно-бытовые, санитарно-строит. и техн. фарфоровые изделия.

Ф. характеризуется относительно высокой плотн. (2,4–2,5 г/см³), сравнительно высокой прочностью ($\sigma_{сж}$ 350–700 МПа, $\sigma_{изг}$ 60–140 МПа, $\sigma_{раст}$ 15–60 МПа), отсутствием открытых пор, газо- и водонепроницаемостью, термич. стойкостью, хорошими электроизоляц. св-вами. Температурный коэф. линейного расширения $(3,8–6,7) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; уд. теплоемкость 0,2–0,3 Дж/(кг·K); коэф. теплопроводности 2,5–4,5 Вт/(м·K); уд. объемное электр. сопротивление $10^{12}–10^{13} \text{ Ом} \cdot \text{см}$; электр. прочность при частоте 50 Гц более 30 кВ/мм, ϵ 5,5–7,0. Состоит из стекловидной (55–80%) и кристаллич. фаз (муллит, кварц, кристобалит); в тонком слое (2,0–2,5 мм) просвечивает, при ударе издает звонкий, долго не затухающий звук.

Сырьем для произ-ва Ф. служат беложгущиеся пластичные глины, каолин, кварц, полевые шпаты, пегматит, дробленый Ф.; для нек-рых видов Ф., кроме того, – глинозем, циркон, костяная зола.

По составу сырья и связанному с ним режимом обжига различают т. наз. твердый и мягкий Ф., каждый из к-рых, в свою очередь, подразделяется по назначению и св-вам. В твердом Ф. содержание глинистого компонента, кварца и полевого шпата составляет соотв. 34–65, 12–40 и 16–30% (хозяйственный Ф.), 45–50, 22–27 и 9–20% (санитарно-техн.), 60–68, 10–15 и 17–30% (жаростойкий), 34–40, 33–40 и 20–26% (электротехн., кварцевый), 40–45, 8–10 и 10–22% (электротехн., высокоглиноземистый, к-рый содержит также 25–40% глинозема).

Мягкий Ф. разделяют на хозяйственный и художественно-декоративный. Содержит (за исключением т. наз. костяного Ф.) до 50% глинистого компонента, 10–45% кварца, 30–55% полевого шпата; состав костяного Ф.: 45% костяной золы, 32% глинистого компонента, 15% кварца, 8% полевого шпата. Наличие последнего способствует улучшению декоративных св-в Ф., напр. просвечиваемости, и смягчению режимов термич. обработки.

Произ-во Ф. состоит из предварит. подготовки сырья, приготовления формовочных масс, формования полуфабриката, сушки, обжига, глазурирования, художеств. росписи. На первом этапе сырье тонко измельчают в условиях, предотвращающих его загрязнение соед. Fe. Формовочные массы в зависимости от влажности м. б. порошкообразными, тестообразными или жидкотекучими. Формование осуществляют полусухим или влажным прессованием, лепкой руками или на гончарном круге, с помощью шаблонов, раскаткой вращающимися роликками, выдавливанием через мундштук, литьем в гипсовые формы под давлением или без него с послед. сушкой и обжигом. Пов-сть Ф. обычно покрывают белой или цветной глазурью, создающей гладкую блестящую пов-сть и повышающую мех. прочность. Не покрытый глазурью Ф. наз. бисквитным, или бисквитом.

Массивные изделия санитарно-строит. и электротехн. назначения покрывают тугоплавкими глазурными составами и подвергают однократному обжигу в пламенных печах туннельного типа при 1320–1400 °С. Художественный и хозяйственный Ф. украшают под- или надглазурными росписями, к-рые наносят на пов-сть изделий методами живописи, аэрографии, шелкографии, декалкомании и др. Для ручной росписи используют спец. керамич. краски, содержащие, как правило, неорг. пигменты, флюсы (напр., легкоплавкое стекло) и разбавители (напр., скипидар).

Тонкостенный Ф. с подглазурными росписями обжигают дважды: при 900–950 °С для закрепления рисунка, при 1320–1400 °С для стекания. Ф. с надглазурными рисунками обжигают трижды: первый обжиг при 900–950 °С предотвращает растрескивание и деформацию изделия при погружении в глазурную суспензию; второй – при 1320–1400 °С приводит к спеканию изделия и растеканию глазури; третий – при 600–800 °С закрепляет рисунок на изделии.

Ф. впервые изготовлен в Китае в 23 в. до н. э.; полноценные изделия появились в 6–7 вв. н. э. Первый завод в Европе по произ-ву Ф. основан в 1710 (Мейсен, Саксония), в России – в 1744 (Петербург, ныне завод имени М. В. Ломоносова).

Лит.: Будников П. П., Геворкян Х. О., Фарфор, М., 1955; Технология фарфорового и фаянсового производства, под ред. И. А. Булыгина, М., 1975; Мороз И. И., Технология фарфоро-фаянсовых изделий, М., 1984.

И. Я. Гузман.

ФАЯНС, керамич. мелкопористый материал и изделия; относится к тонкой керамике. Различают художественно-декоративные, хозяйственно-бытовые и строительные (облицовочные плитки) фаянсовые изделия.

Ф. характеризуется относительно высокой пористостью (до 30%) при плотн. 1,9–2,4 г/см³, незначит. прочностью ($\sigma_{сж}$ 60–80 МПа, $\sigma_{ст}$ 13–23 МПа), высокими водопоглощением и газопроницаемостью (при отсутствии глазурного покрытия); температурный коэф. линейного расширения (5–8) · 10⁻⁶ К⁻¹. Состоит из кристаллич. (кварц, муллит, кристобалит) и стекловидной (20–25%) фаз; содержание стекловидной фазы относительно мало, поэтому Ф. в тонком слое не просвечивает; при ударе издает глухой, быстро затухающий звук.

Сырьем для произ-ва Ф. служат беложгущиеся пластичные глины, каолин и кварц; в нек-рые виды Ф. добавляют полевой шпат, мел, доломит, тальк, нефелиновый сиенит, волластонит (для облицовочных плиток) и др.

По составу сырья Ф. разделяют на глинистый, известковый, полевошпатовый и Ф. смешанного типа. Глинистый Ф. содержит 75–85% глинистого компонента, 15–25% кварца; известковый – 35–55% глины, 30–45% кварца и 5–20% мела или доломита; полевошпатовый – 40–65% глины, 25–55% кварца, 3–12% полевого шпата; Ф. смешанного типа – 35–60% глины, 30–48% кварца, 1–5% полевого шпата и 5–8%

мела или доломита. Изделия, содержащие более 10% полевого шпата, наз. полуфарфором.

Художественно-декоративный и хозяйственный Ф. изготавливают аналогично фарфору. После формования Ф. высушивают и обжигают в туннельных печах при 1200–1800 °С, покрывают глазурью и снова обжигают при 1050–1150 °С. Ф. обычно расписывают, нанося рисунок на изделие до или после глазурирования; рисунки, выполненные надглазурными красками, закрепляют третьим обжигом при 700–900 °С.

Облицовочные плитки производят след. образом: измельченные мокрым способом и смешанные сырьевые компоненты высушивают в распылит. сушилках до влажности 8–10%, прессуют и дважды обжигают в скоростных роликовых печах при 1000–1050 °С; глазурирование белыми или цветными легкоплавкими глазуриями проводят между обжигами при т-ре до 1150 °С.

Ф. был известен еще в 4–5 вв. в Древнем Египте и Китае. В Европе Ф. производят с начала 16 в.; в России первая фабрика была построена в 1727 (фабрика А. К. Гребенщикова).

Лит. см. при ст. Фарфор.

И. Я. Гузман.

ФАЯНС – ПАНЕТА ПРАВИЛО, см. Соосаждение.

ФЕЛИНГА РЕАКТИВ (фелингова жидкость), р-р CuSO₄ и тартрата калия-натрия в 10%-ном р-ре NaOH; реактив на восстановители, пл. обр. альдегиды и моносахариды. Готовят непосредственно перед употреблением. Р-цию проводят, добавляя к 10 мл Ф. р. ок. 0,5 мл или 0,25–0,5 г исследуемого в-ва. При анализе нелетучих соед. смесь нагревают сразу, а при анализе летучих соед. ее предварительно выдерживают при комнатной т-ре. В присут. восстановителей после нагревания осажается оксид или гидроксид меди(I); цвет осадка от желтого до красного, иногда зеленого в зависимости от степени дисперсности и размера его частиц.

Аналогично реагируют кетозы (последние в щелочной среде легко изомеризуются в альдозы), многоатомные фенолы, фенилгидразин и др. орг. производные гидразина, а также гидразиды карбоновых к-т. Кетоны (за исключением кетоспиртов), одноатомные фенолы и большинство ароматич. альдегидов не восстанавливают Ф. р. Однако, напр., 2,4-дигидроксibenзальдегид реагирует с ним. Для обнаружения углеводов иногда используют т. наз. нейтральный Ф. р., к-рый вместо NaOH содержит Na₂CO₃.

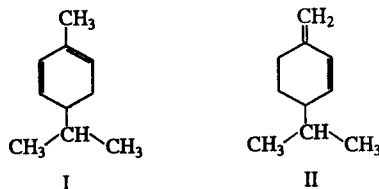
Ароматич. гидразины взаимодей. с Ф. р. с выделением газобразного N₂; на этом основаны разл. объемные методы их определения. Ф. р. применяют и для количеств. определения восстанавливающих сахаров. Для определения алифатич. альдегидов чаще используют реактив Бенедикта (содержит CuSO₄, цитрат Na и Na₂CO₃), к-рый более чувствительный.

Ф. р. предложен Г. Фелингом в 1849.

Лит.: Файль Ф., Качественный анализ органических веществ, пер. с англ., М., 1962, с. 168–69; Полюдек-Фабиян Р., Бейрх Т., Органический анализ, пер. с нем., Л., 1981, с. 11, 512.

Н. К. Куцева.

ФЕЛЛАНДРЕНЬ, мол. М. 136,23. Известны α-Ф. (п-мента-1,5-диен, ф-ла I) и β-Ф. [п-мента-1(7),2-диен, II], каждый из к-рых может иметь оптич. изомеры. Ф. – бесцв. жидкости с приятным своеобразным запахом и жгучим вкусом, хорошо

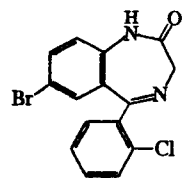


раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде. Для α-Ф. т. кип. 175–176 °С, 58–68 °С/16 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,8324; n_D^{20} 1,4724; $[\alpha]_D^{20} \pm 177,4^\circ$; для β-Ф. т. кип. 172–179 °С; d_4^{20} 0,850–0,852; n_D^{20} 1,4788; $[\alpha]_D^{20} \pm 19,0^\circ$. Содержатся во мн. эфирных маслах. Ф. – нестойкие соед., на воздухе быстро окисляются, при кипячении легко димеризуются, в присут. к-т изомеризуются (в осн. в α-терпинен) и полимеризуются; с HNO₂ образуют кри-

сталлич. соед. (нитрозиты): для α -Ф. с т. пл. 113–114 и 103 °С, для β -Ф. с т. пл. 102 и 97–98 °С. α -Ф. выделяют ректификацией из эвкалиптового масла или масла горького фенхеля, β -Ф. – из скипидара пихты сибирской. Эфирные масла, содержащие Ф., применяют в медицине и парфюмерии.

Л. А. Хейфиц.

ФЕНАЗЕПАМ [7-бром-5-(2-хлорфенил)-1,2-дигидро-3Н-1,4-бензодиазепин-2-он], мол. м. 349,62, бесцв. кристаллы, т. пл. 225–230 °С; практически не раств. в воде, плохо раств. (при 25 °С) в 95%-ном этаноле (0,2%), хлороформе (2%), диэтиловом эфире (0,2%), раств. в бензоле, толуоле, ДМФА, диоксане, ДМСО (18%). Устойчив на свету и во влажном воздухе; в кислой среде гидролизует.



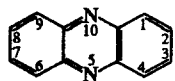
Получают многостадийным синтезом из хлорангидрида 2-хлорбензойной к-ты и 4-броманилина.

Ф. – транквилизатор с выраженным снотворным, противосудорожным и миорелаксирующим действием. Усиливает эффект снотворных препаратов и ср-в для наркоза. По избирательности и широте терапевт. действия превосходит др. аналогичные препараты.

Лит.: Яхонтов Л. Н., Глушков Р. Г., Синтетические лекарственные средства, М., 1983, с. 215; Машковский М. Д., Лекарственные средства, т. 1, М., 1993, с. 91.

Л. Н. Койков.

ФЕНАЗИН (дбензопиразин, 9,10-диазаантрацен), мол. м. 180,21, желтые кристаллы, т. пл. 174–177 °С, т. кип. 360 °С; хорошо раств. в горячем этаноле, CHCl_3 , ацетоне, хуже – в холодном этаноле (2 г в 100 мл), диэтиловом эфире, бензоле, плохо – в воде. Ф. возгоняется, летуч с водяным паром, обладает кратковременной флуоресценцией.



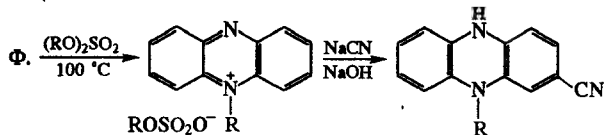
Ф. – слабое основание (pK_a 1,23); в конц.

к-тах раств. с образованием окрашенных

феназиниевых солей, гидролиз к-рых приводит к Ф. Образует мол. соед. с 1,3,5-тринитробензолом (т. пл. 151–153 °С), пирокатахином (т. пл. 184 °С), резорцином (213,5 °С), гидрохиноном (232 °С, с разл.), а также с нитрофенолами.

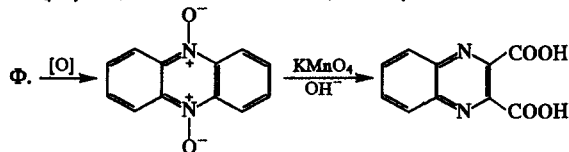
В р-ции электроф. замещения Ф. вступает только в жестких условиях. Так, при нитровании Ф. смесью конц. HNO_3 и H_2SO_4 при 50 °С образуется 1-нитрофеназин (выход 15–20%), при хлорировании в кипящем CCl_4 в присут. CH_3COONa – 1-хлорфеназин (32%) и 1,4-дихлорфеназин (25%). Сульфирование с большим трудом под действием дымящей H_2SO_4 и HgSO_4 , давая смесь феназин-2-сульфонокислоты и полисульфиров. продуктов.

При нагрев. с диалкилсульфатами в нитробензоле Ф. дает соли 5-алкилфеназиния, легко вступающие в р-ции нуклеоф. замещения:

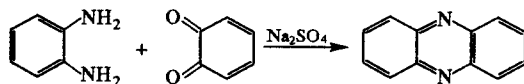


Восстановление Ф. действием LiAlH_4 или NaHSO_3 , а также гидрирование над Pd/C или Pt в пиридине приводят к неустойчивому 5,10-дигидрофеназину, к-рый легко окисляется на воздухе с образованием комплекса Ф. – 5,10-дигидрофеназин состава 3 : 1 (феназгидрин, синие кристаллы, т. пл. 225 °С).

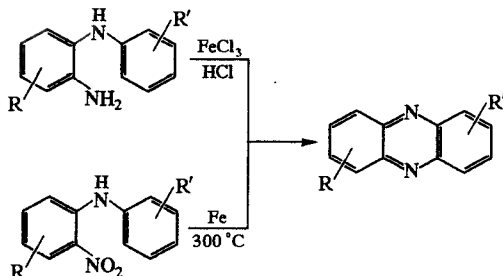
Ф. легко превращается в N-оксиды, напр. при окислении H_2O_2 в CH_3COOH при 50 °С или м-хлорнадбензойной к-той; при действии избытка окислителя образуется 5,10-диоксид Ф. (т. пл. 204 °С), дальнейшее окисление к-рого щелочным KMnO_4 приводит к хиноксалин-2,3-дикарбоновой к-те:



Ф. получают конденсацией о-фенилендиамина с о-хиноном в безводном диэтиловом эфире (выход 35%):



Производные Ф. синтезируют с высоким выходом внутри-мол. циклизацией о-амино- или о-нитрозамещенных дифениламина:



$\text{R}=\text{H}, \text{CH}_3, \text{NH}_2, \text{COOC}_2\text{H}_5$; $\text{R}'=\text{H}, \text{Cl}, \text{CH}_3\text{O}$

Ф. и его производные обладают антибиотич. активностью, являются переносчиками кислорода в нек-рых процессах метаболизма. Соли Ф. – сильные бактериостатич. агенты. Используют Ф. и его производные в качестве индикаторов [напр., 3-амино-2-метил-7-(диметиламино)феназин – нейтральный красный], красителей [индулины, сафранины (см. Азиновые красители)], сенсibilизаторов в цветной фотографии (2,3-диаминофеназин).

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 507; Пьетра С. [и др.], «Химия гетероциклических соединений», 1977, № 12, с. 1587–99.

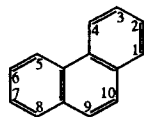
В. И. Келарев, Р. А. Карасанов.

ФЕНАМИН [сульфат (RS)-1-метил-2-фенилэтиламина, амфетамин], $\text{C}_9\text{H}_{13}\text{NCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{NH}_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{SO}_4$, мол. м. 184,25, бесцв. кристаллы горького вкуса; раств. в воде, хуже в этаноле, не раств. в диэтиловом эфире. Для основания т. кип. 205 °С, d_4^{25} 0,9306. Получают Ф. взаимодействием NH_4OH с бензилметилкетонем при нагрев. в автоклаве в атмосфере H_2 в присут. Ni-Реня.

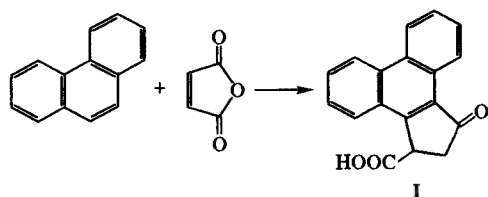
Ф. – сильный стимулятор центр. нервной системы. Его психостимулирующее действие объясняется способностью высвобождать из гранул пресинапт. нервных окончаний норадреналин и дофамин, незначительно ингибировать моноаминоксидазу и тормозить обратный захват дофамина. Ф. применяется для временного повышения умственной и физич. работоспособности; при этом он не устраняет потребности в нормальном отдыхе для восстановления сил. Ф. медленно выводится из организма, поэтому возможно накопление препарата и развитие пристрастия к нему.

А. И. Боканов.

ФЕНАНТРЕН, мол. м. 178,2, бесцв. кристаллы; т. пл. 101 °С, т. кип. 340 °С; d_4^{25} 1,179; n_D^{20} 1,5942. Не раств. в воде, раств. в диэтиловом эфире, бензоле, хлороформе, метаноле, уксусной к-те, кристаллизуется из этанола; р-ры флуоресцируют голубым цветом. Легко образует разл. молекулярные соед., напр. пикрат с т. пл. 144 °С.



Ф. по хим. св-вам аналогичен нафталину. Взаимод. с Cl_2 (в р-ре CS_2 или CCl_4) или Br_2 с образованием 9,10-дигалогенфенантронов. При нагрев. оба дигалогенфенантрена отщепляют HNaI , превращаясь в моногалогензамещенный Ф. Нитрование $[\text{HNO}_3, (\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}]$ и ледяная CH_3COOH приводит к смеси 9- (наиб. кол-во), 1- и 3-нитрофенантронов. Ф. легко сульфировается: в зависимости от т-ры в разл. соотношениях образуется смесь 2-, 3- и 9-фенантреносульфонокислот с небольшой примесью 1-фенантреносульфонокислоты. Взаимод. Ф. с бензоилхлоридом в присут. AlCl_3 по р-ции Фриделя – Крафта приводит к смеси 1-, 2- и 3-бензоилфенантронов. В р-ции с малеиновым ангидридом образуется соед. ф-лы I:



Действием Na в амиловом спирте Ф. восстанавливается до смеси 1,2,3,4-тетрагидрофенантрена (тетрантрена) и 9,10-дигидрофенантрена. Каталитич. гидрирование на смешанном катализаторе (CuO, Cr₂O₃ и BaO) при 300–350 °С приводит сначала к 1,2,3,4,5,6,7,8-октагидрофенантрону (октантрону), а затем к пергидрофенантрону. Окисление Ф. соед. Cr(III) в ледяной CH₃COOH приводит к фенантрен-9,10-хинону, оранжево-желтые кристаллы с т. пл. 208,5–210 °С, дальнейшее окисление к-рого H₂O₂ дает 2,2'-дифеновую к-ту.

В природе встречаются многочисленные производные Ф., напр. алкалоиды группы морфина, нек-рые терпены.

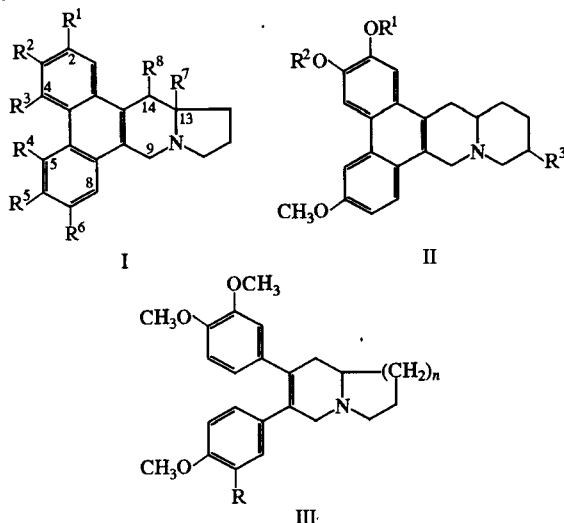
Ф. обычно выделяют из ацетиленовой фракции кам.-уг. смолы. Синтезируют Ф. фотоциклодегидрогенизацией стильбена или конденсацией *o*-нитробензальдегида с фенилуксусной к-той. Производные Ф. обычно получают *Пиорра синтезом*.

Ф.- стабилизатор ВВ (напр., на основе нитроглицерина и нитроцеллюлозы), компонент дымовых составов и нек-рых красителей.

Длит. контакт с Ф. приводит к снижению содержания гемоглобина в крови и вызывает лейкоцитоз; ЛД₅₀ 1,8–2,0 г/кг (мыши, перорально). ПДК 0,8 мг/м³.

Лит.: Клар Э., Полициклические углеводороды, пер. с англ., т. 1, М., 1971, с. 220–33; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 314–455; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 14, Weinheim, 1977, S. 685–87. Г. И. Пуца.

ФЕНАНТРЕНОИНДОЛИЗИДИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ, выделены в осн. из растений рода *Tylophora* семейства ластовневых (Asclepiadaceae). Изредка они встречаются в отдельных видах *Antitoxicum*, *Perguloria*, *Suallanchem* семейства ластовневых, а два представителя выделены из *Ficus septica* семейства тутовых (Moraceae).



В основе скелета Ф. а. лежат сконденсированные друг с другом кольца фенантрена и индолизидина. Напр., тилофорин ф-лы I, где R¹ = R² = R⁵ = R⁶ = OCH₃, R³ = R⁴ = R⁷ = R⁸ = H (т. пл. 273–275°, [α]_D²⁰ = –15,8° в CHCl₃); 13а-метилтилохирзутидин I, где R² = R⁵ = R⁶ = OCH₃, R¹ = R³ = R⁴ = H, R⁸ = OH, R⁷ = CH₃; тилокребрин I, где R¹ = R² = R⁴ = R⁵ = OCH₃, R³ = R⁶ = R⁷ = R⁸ = H.

К Ф. а. близки по строению фенантренохинолизидиновые алкалоиды – криптоплеуриин ф-лы II, где R¹ = R² = CH₃, R³ = H, и криптоплеуридин, где R¹, R² = CH₂,

R³ = OH. Они выделены из *Cryptocarya pleurosperma* семейства лавровых (Lauraceae) и двух видов *Boehmeria* семейства крапивных (Urticaceae).

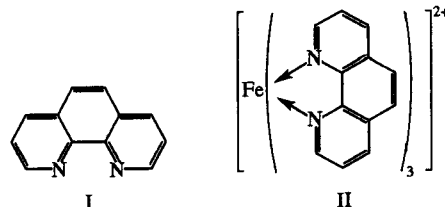
Другую группу близких к Ф. а. в-в составляют секофенантренохинолизидиновые алкалоиды ф-лы III, где n = 2, R = H (яландин), и секофенантреноиндолизидиновые алкалоиды III, где n = 1, R = OCH₃ (септицин). Предполагают, что эти представители являются биогенетич. предшественниками Ф. а. Облучение УФ светом септицина приводит к образованию смеси тилофорина и тилокребрин.

Почти все Ф. а. синтезированы искусственно. Анализируют их методами масс-спектрометрии и УФ спектроскопии.

Ф. а. обладают сильным наркотическим действием, нек-рые – антилейкемической (тилокребрин), противоопухолевой, антимикробной и противогрибковой (*Candida*) активностью.

Лит.: Manske R., The alkaloids, N.Y., 1981, p. 193; Ali M., Bhutani K., «Phytochemistry», 1989, v. 28, № 12, p. 3513–17. В. И. Виноградова.

1,10-ФЕНАНТРОЛИН (*o*-фенантролин), ф-ла I, мол. м. 180,2; бесцв. кристаллы; т. пл. 117 °С (т. пл. моногидрата 100–103 °С); раств. в этаноле, хлороформе, ацетоне и к-тах, плохо раств. в воде (в 100 г H₂O раств. 0,3 г Ф.) и диэтиловом эфире.



Получают Ф. взаимодей. *o*-фенилендиамина с глицерином в присут. H₂SO₄ и As₂O₅.

Ф.- аналит. реагент. Его используют для фотометрич. определения Fe(II) (предел обнаружения 0,13–0,15 мкг/мл), с к-рым он образует раств. в воде соед. красного цвета ф-лы II [при действии в р-ре на этот комплекс солей Ce(IV) красное окрашивание переходит в голубое]. Интенсивность окраски р-ра комплекса прямо пропорциональна концентрации Fe(II) и не зависит от величины pH в интервале от 2 до 9 (при λ 490 нм ε_λ 1,06·10⁴, при λ 505 нм ε_λ 1,1·10⁴). При определении Fe(III) его предварительно восстанавливают солями гидроксилана или гидрохиноном.

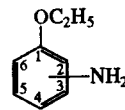
Комплекс Fe(II) с Ф. применяют как окислит.-восстановит. индикатор (ферроин) со стандартным потенциалом 1,06 В. Восстановленная форма индикатора темно-красная, окисленная – бледно-голубая.

Ф. используют также для определения Mo(III и IV), Co(II), Ru(II), Ag(I), а также V(V) и Hg(II); два последних элемента определяют косвенными методами.

Лит.: Марченко З., Фотометрическое определение элементов, пер. с польск., М., 1971, с. 166–68.

ФЕНЕТИДИНЫ (этоксанилины, аминифенетолы), мол. м. 137,18. Различают *o*-, *m*- и *p*-Ф. (табл.) – маслянистые бесцв. жидкости с острым ароматич. запахом, быстро темнеющие на воздухе и свету; не раств. в воде, хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, разб. к-тах. Ф.- основания, основность *p*-Ф. немного выше, чем у анилина; с к-тами легко образуют соли. Наиб. практич. значение имеют *o*- и *p*-Ф.

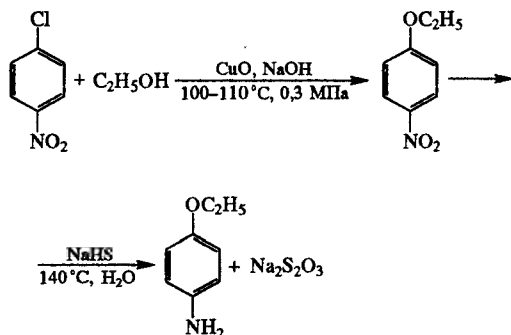
Обладают св-вами *ароматических соединений*. При действии Br₂ *o*- и *p*-Ф. образуют соответствующие 3,5-дибромпроизводные. Нитрование *p*-Ф. приводит к 4-амино-2-нитрофенетолу, сульфирование – к 5-амино-2-этоксibenзолсульфокислоте.



СВОЙСТВА ФЕНЕТИДИНОВ

Соединение	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d ₄ ²⁰	n _D ²⁰
<i>o</i> -Ф.	–21	232,5	—	1,5560
<i>m</i> -Ф.	—	248	—	—
<i>p</i> -Ф.	2,4	254	1,0652	1,5528

В пром-сти *n*-Ф. получают этоксилированием 4-хлорнитробензола с послед. восстановлением образующегося нитросоединения NaHS:



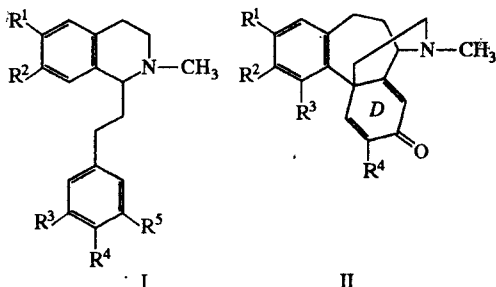
Другие способы получения – взаимодей. фенилгидроксилами с этанолом в присут. H_2SO_4 или гидрирование *n*-нитрофенетолу над Ni-катализатором. *o*- и *m*-Ф. получают восстановлением соответствующих нитрофенетолов полисульфидами Na.

o- и *n*-Ф. применяют в произ-ве азотолов; *n*-Ф. также в синтезе лек. ср-в (напр., фенацетина, риванола). Производное *n*-Ф. и мочевины – дульцин $C_2H_5OC_6H_4NHCONH_2$ (иглы с т. пл. 173 °C) обладает очень сладким вкусом (в 200 раз слаще сахара).

Ф. вызывают отравление при попадании на кожу и вдыхании паров, поражают печень и почки; ПДК в воздухе рабочей зоны для *n*-Ф. 0,2 мг/м³, для гидрохлорида *n*-Ф. – 0,5 мг/м³. Г. И. Пуча.

ФЕНЕТИЛИЗОХИНОЛИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ, выделяют в осн. из растений рода *Colchicum*, *Androcymbium*, *Merendera*, *Bulbosodium* семейства лилейных (*Liliaceae*). Представляют собой разнообразную по строению группу алкалоидов, объединенных общим предшественником – 1-фенетилизохинолином.

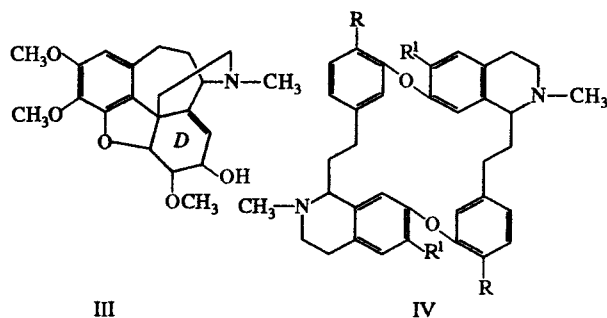
Ф. а. в зависимости от строения делят на 7 групп: первая – простые 1-фенетилизохинолины ф-лы I, напр. аутомалин, где $R^1 = R^3 = R^4 = OCH_3$, $R^2 = R^5 = OH$. При окислении из этих алкалоидов в зависимости от условий м. б. получены производные всех групп Ф. а. Все алкалоиды этого типа получены синтетически. Из синтетич. аналогов метофолин (I, $R^1 = R^2 = OCH_3$, $R^4 = Cl$, $R^3 = R^5 = H$) обладает выраженной анальгетич. активностью, равной активности кодеина.



Вторая группа – гомоморфиндиеноновые алкалоиды. Они различаются наличием диеновой (напр., андрокимбин ф-лы II, где $R^1 = R^3 = R^4 = OCH_3$, $R^2 = OH$), эновой, диенольной или энольной (напр., креузигинин ф-лы III) системы в кольце D. Строение в-в этой группы определяют с помощью р-ций окисления и рентгеноструктурного анализа.

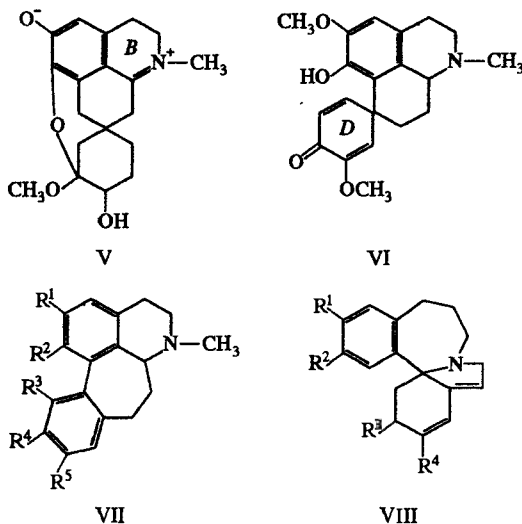
Соед. первых двух групп являются ключевыми промежуточ. в биосинтезе *колхициновых алкалоидов*.

Третья группа Ф. а. – бисфенетилизохинолины ф-лы IV (напр., мелантиофин, где $R = OH$, $R^1 = OCH_3$), различающиеся кол-вом эфирных дифенильных мостиковых свя-



зей и расположением заместителей. Строение в-в доказывают расщеплением алкалоидов натрием и спектральным анализом.

Четвертая многочисленная группа – гомопрорапорфиновые алкалоиды, содержащие в молекуле спироциклогексановое кольцо D. Различаются степенью насыщенности кольца B (напр., регеколиин V) или кольца D (напр., креузигенон VI, содержит диеноновую систему) и наличием кислородсодержащих заместителей в последнем кольце. Анализируют эти алкалоиды методом масс-спектрометрии. Алкалоиды этой группы оказывают вредное действие на центральную нервную систему.



Пятая группа – гомоапорфиновые алкалоиды ф-лы VII. Различаются местоположением заместителей; пример – мультифлорамин, где $R^1 = R^3 = R^5 = OCH_3$, $R^2 = R^4 = OH$. Строение этих в-в определяют с помощью УФ и ПМР спектров.

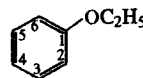
Шестая группа – гомоэритринные алкалоиды ф-лы VIII, напр. шельхаммеридин, где $R^1, R^2 = OCH_2O$, $R^3 = OCH_3$. См. также *Эритринные алкалоиды*.

Седьмая группа – колхициновые алкалоиды.

Лит.: Shamma M., Moniot J., *Isoguinoline alkaloids research*, 1972–1977, N. Y. – L., 1978. В. И. Виноградова.

ФЕНЕТОЛ (этоксифензол, этилфениловый эфир), мол. м. 122,2; бесцв. жидкость с приятным запахом; т. пл. –30,7 °C, т. кип. 170 °C, 62 °C/15 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,0114; n_D^{20} 1,5171; $\Delta H_{\text{сгор}}^0$ –4419,6 кДж/моль; η 6,87 Па·с (15 °C); γ 32,8 мН/м; μ $4,67 \cdot 10^{-30}$ Кл·м, ϵ 4,130 (30 °C). Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, соляной к-те, плохо раств. в воде (1,21 г в 1 л); легко перегоняется с водяным паром; образует азеотроп с водой (т. кип. 97,3 °C, 43% Ф. по массе).

Ф. обладает св-вами *ароматических соединений*. При взаимодей. с Cl_2 образует смесь 4-хлор-, 2,4-дихлор- и 2,4,6-трихлор-



лорфенетолов. Действие Br_2 в CH_3COOH при охлаждении или нагревание с PBr_5 на паровой бане приводит к 4-бромфенетолу; бромирование Br_2 при 25 °С в нитробензоле или CCl_4 — к смеси 2-бром- и 4-бромфенетолов. При нагр. Φ . с I_2 в присут. конц. HNO_3 и пиридина при 180 °С образуется 2-иодфенетол с примесью 4-производного. Нитрование оксидами азота в зависимости от условий проведения протекает по положениям 2 и 4. Взаимод. с SO_3 в паровой фазе приводит к бис-(4-этоксифенил)сульфону, кипячение с бензилхлоридом в присут. порошка церия — к 4-бензилфенетолу, кипячение с $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ в 85%-ной H_3PO_4 — к 4-этоксиацетифенону. При пропускании над Al_2O_3 при 200–240 °С Φ . разлагается на фенол, 2-этилфенол, 2,6-диэтилфенол и др. соед., при нагр. с 48%-ной HBr — на фенол и этилбромид. В кислом р-ре при нагр. выше 45 °С или при УФ облучении образует пероксиды.

Φ . получают взаимод. фенолята Na с этилсульфатом Na при 180 °С, алкилированием фенола этилхлоридом, взаимод. фенолята Na с этиловым эфиром *n*-толуолсульфокислоты в водно-щелочном р-ре.

Φ . — р-ритель, промежут. продукт в произ-ве красителей, лек. и душистых в-в.

ФЕНИЛАЛАНИН (2-амино-3-фенилпропионовая к-та, β-фенил-α-аланин, Phe, F), мол. м. 165,19; бесцв. кристаллы, т. пл. D, L-, D- и L- Φ . соотв. 271–273, 285 и 283 °С (все плавятся с разложением); сублимируется в вакууме; для D- Φ . $[\alpha]_D^{20} +7,1^\circ$ (концентрация 3,8 г в 100 мл 18% HCl), для L- Φ . $[\alpha]_D^{20} -35,1^\circ$ (концентрация 1,94 г в 100 мл воды); ограниченно

раств. в воде, плохо — в этаноле. При 25 °С pK_a 2,58 (COOH) и 9,24 (NH_2); pI 5,91. D- Φ . имеет сладкий вкус, L- Φ . — слегка горьковатый.

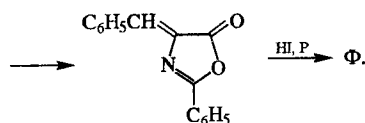
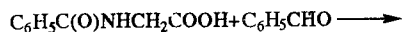
Φ . — ароматич. α-аминокислота, дает *ксантопротеиновую реакцию*, м. б. осажден из водного р-ра 2,5-дибромбензолсульфокислотой. При нагревании Φ . декарбоксилируется с образованием 2-фенилэтиламина; нитрованием Φ . может быть получен 4-нитрофенилаланин.

L- Φ . — кодируемая, незаменимая аминокислота, встречается во всех организмах в составе молекул белков, напр. в овальбумине, зеине, фибрине, инсулине, гемоглобине; входит в состав пептидов-подсладителей (см. *Аспартам*), соматостатина и энкефалина. Остаток D- Φ . входит в грамицидин S и нек-рые др. пептиды.

Биосинтез L- Φ . осуществляется из эритрозо-4-фосфата и фосфоенолпирувата через пикимовую, префеновую (см. *Обмен веществ*) и фенилпировиноградную к-ты.

В организме под действием фермента фенилаланин-4-монооксигеназы Φ . превращается в *тирозин*. При отсутствии или резком снижении активности фермента возникает заболевание фенилкетонурия, к-рое проявляется гл. обр. выраженной олигофренией.

Синтезируют Φ . из малонового эфира и бензилхлорида, а также из гиппуровой к-ты и бензальдегида через азлактон:



В УФ спектре Φ . $\lambda_{\text{макс}}$ 257,4 нм, ϵ $1,97 \cdot 10^3$, в спектре флуоресценции Φ . λ испускания 282 нм. В спектре ПМР L- Φ . в D_2O величины хим. сдвигов протонов (в м.д.) у α- и β-атомов C цепи соотв. 3,993 и 3,292, 3,127.

L- Φ . впервые выделили из ростков люпина Э. Шульце и Й. Барбиери в 1881.

Мировое произ-во L- Φ . ок. 150 т в год (1982). В. В. Баев.

ФЕНИЛАЦЕТАЛЬДЕГИД (фенилуксусный альдегид, α-толуилловый альдегид), $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CHO}$, мол. м. 120,15; бесцв. или слегка желтоватая жидкость с сильным запахом гиацинта; т. кип. 193–194 °С, 80–82 °С/10 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,0272; n_D^{20}

1,5240–1,5329; давление пара 35,9 Па (20 °С); раств. в пропиленгликоле и др. орг. р-рителях, р-римость в 80%-ном этаноле 1 : 2, не раств. в воде и глицерине; производные: семикарбазон, т. пл. 156 °С; оксим, т. пл. 98,5 °С; 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 121 °С.

Φ . — высокореакционноспособное соед., легко окисляется, при стоянии (на свету и в темноте) превращается в стеклообразный полимер без запаха; сохраняется в виде 50%-ных р-ров в бензиловом, фенилэтиловом и др. спиртах, либо в присут. антиоксидантов. Содержится во мн. эфирных маслах, летучий компонент ряда пищ. продуктов. В пром-сти получают каталитич. окислением или дегидрированием фенилэтилового спирта или изомеризацией стирилоксида над алюмосиликатами.

Применяют при приготовлении мн. цветочных и фантазийных парфюмерных композиций, а также как сырье для получения душистых в-в (напр., при взаимод. с глицерином образуется в-в с запахом ландыша).

Т. всп. 81 °С, т. воспл. 494 °С, КПВ 0,9–2,7% (по объему), температурные пределы воспламенения 78–99 °С.

Л. А. Хейфиц.

ФЕНИЛАЦЕТИЛЕН (этинилбензол), мол. м. 102,14; бесцв. жидкость; т. пл. — 44,8 °С, т. кип. 141,7 °С, 44 °С/18 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,9281; n_D^{20} 1,5492; γ 0,03326 Н/м; C_p 179,61 Дж/(моль · К) при 25,3 °С; $\Delta H_{\text{ср}}^0$ — 4282,41 кДж/моль; η 0,8829 мПа · с; ϵ 0,78; при нагр. до 230–240 °С разлагается.

При гидратации разб. H_2SO_4 Φ . дает ацетифенон. Присоединяет Br_2 и I_2 с образованием соответствующих дигалогенстиролов; присоединение галогеноводородов приводит к α- и β-галогенстиролам и α,α-дигалогенэтилбензолу. Φ . легко вступает в диеновый синтез. При действии аммиачных р-ров CuCl_2 или AgNO_3 образует осадки соответствующих фенилацетиленидов, с Na в диэтиловом эфире дает фенилацетиленид Na. Последний в присут. безводной щелочи взаимод. с кетонами, превращаясь в спирты, напр. с ацетоном образуется $(\text{CH}_3)_2\text{C(OH)C}\equiv\text{CC}_6\text{H}_5$. Гидрирование Φ . в присут. Ni при 180 °С приводит к этилциклогексану (примесь — метилциклогексан), в присут. Cu при 190–250 °С — к стирилу, толуолу и 1,2-дифенилбутану.

Φ . легко полимеризуется, сополимеризуется с ацетиленом, метилметакрилатом, акрилонитрилом, стирилом, 2-винилпиридином и др. мономерами. При действии кислорода в присут. хлоридов Cu^+ или Cu^{2+} в жидком пиридине димеризуется до дифенилбутадиина.

Φ . получают нагреванием α- или β-галогенстиролов с $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$, KOH или Na в жидком NH_3 , кипячением α,β-дибромэтилбензолов с $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$, медленной перегонкой фенилпропионовой к-ты с анилином (соотношение 1 : 4).

Φ . — сшивающий агент, связующее в произ-ве нек-рых композиционных материалов.

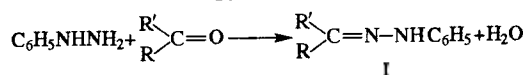
Раздражает слизистую оболочку дыхат. путей, кожу. ЛД₁₀₀ 5 мл/кг (крысы, перорально).

Лит.: Kirk — Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N. Y., 1978, p. 192–193.

В. Г. Липович, М. Ф. Вагин.

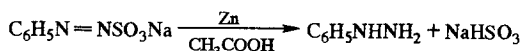
ФЕНИЛГИДРАЗИН, $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$, мол. м. 108,2. Желтая жидкость; т. пл. 19,8 °С, т. кип. 243 °С, 115 °С/10 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,0986; n_D^{20} 1,6084; ϵ 7,1 (25 °С). Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, р-рах минер. к-т, воде (в 100 г — 12,6 г при 20 °С и 23 г при 50 °С). Слабое основание, pK_a 8,8. С водой образует гидрат, т. пл. 24,1 °С; с HCl — гидрохлорид, т. пл. 239–240 °С.

Φ . при нагр. выше 300 °С разлагается с образованием бензола, анилина и выделением N_2 и NH_3 . Легко окисляется на воздухе; при низкой т-ре реагирует с *Фелинга реактивом*. С соед., содержащими карбонильную группу, образует фенилгидразоны (ф-ла I) — малорастворимые кристаллы, используются для идентификации альдегидов и кетонов, а также в синтезе индола по Фишеру:



С α -дикарбонильными соед. при нагр. Ф. образует трудно-растворимые кристаллы – *озазоны*, что применяют для выделения и идентификации сахаров. Ф. – мягкий восстанавливающий азот- и нитросоединений.

В пром-сти Ф. получают восстановлением диазотированного анилина при 80 °С смесью сульфита и гидросульфита Na (выход 80–84%). Препаративные способы – восстановление солей диазотия р-ром SnCl₂ в HCl или диазосульфатов Zn в CH₃COOH, нагр.:



Ф. – исходный продукт в произ-ве азокрасителей, лек. препаратов (напр., антипирина, амидопирина).

Ф. – сильный яд, вызывающий распад эритроцитов и лейкоцитов крови, а также превращение гемоглобина в метгемоглобин. ЛД₅₀ 175 мг/кг (мыши, перорально). При попадании на кожу вызывает экзему; ПДК в воздухе рабочей зоны 22 мг/м³.

Лит.: Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, пер. с англ., т. 4, М., 1971, с. 31; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 13, Weinheim, 1977, S. 101. *Н. Н. Артамонова.*

ФЕНИЛЕНДИАМИНЫ (диаминобензолы), мол. м. 108,14; бесцв. кристаллы (табл.), темнеющие на свету и на воздухе. Существуют в виде трех изомеров: 1,2-, 1,3- и 1,4-Ф. (соотв. *о*-, *м*- и *п*-Ф.). Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, CHCl₃, горячей воде.

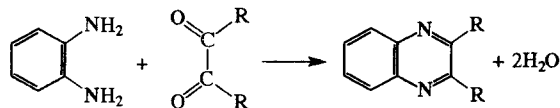
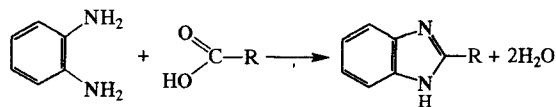
По хим. св-вам Ф. – типичные представители ароматич. аминов. Сильные орг. основания; *м*- и *п*-Ф. с минер. к-тами образуют водорастворимые соли (за исключением сульфата *п*-Ф.), с карбоновыми к-тами, их ангидридами и хлорангидридами – замещенные амиды соответствующих к-т, с дикарбонowymi к-тами, диангидридами и дихлорангидридами – *полиамиды* и *полиимиды*. При взаимодействии с бензальдегидом Ф. дают моно- и

СВОЙСТВА ФЕНИЛЕНДИАМИНОВ

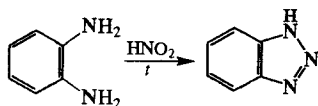
Изомер	Т. пл., °С	Т. кип., °С/мм рт. ст.	K_B	Потенциал ионизации, эВ
1,2-Ф.	105,8	256–258	$3,2 \cdot 10^{-10}$	7,29
1,3-Ф.*	63–64	282–284 147/10	$7,6 \cdot 10^{-10}$	7,26
1,4-Ф.	147	267(возг.)	$1,1 \cdot 10^{-8}$	6,52

* d_{40}^{20} 1,1421, n_D^{20} 1,6339.

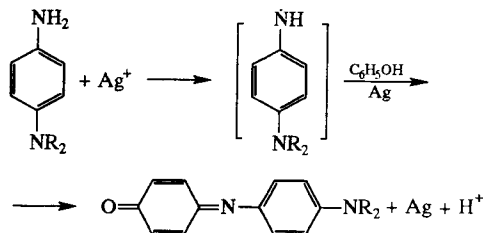
дибензилиденпроизводные. *о*-Ф. легко образует гетероциклич. соед.: взаимодейств. с к-тами, ангидридами, амидами и эфирами приводит к бензимидазолам, с 1,2-дикарбонильными соед. – к хиноксалинам:



м- и *п*-Ф. легко диазотируются HNO₂ по одной или двум аминогруппам, образуя диазо- и тетраазопроизводные – промежуточные продукты в произ-ве азокрасителей; *о*-Ф. в аналогичных условиях дает бензотриазол:



При окислении действием Ag₂O в эфирном р-ре *о*- и *м*-Ф. превращается в соответствующие бензохинондиимины; MnO₂ или K₂Cr₂O₇ в H₂SO₄ окисляют *п*-Ф. в *п*-бензохинон; при окислении *о*-Ф. FeCl₃ в CH₃COOH образуется 2,3-диаминофеназин. Окисление *п*-Ф. окислителями в присут. соед. с активной метиленовой группой приводит к *азометиновым красителям*. В цветной фотографии используют одноэлектронное окисление N,N-диалкилпроизводных *п*-Ф. светочувствит. солями AgHal; образующиеся радикалы с разл. агентами, напр. фенолами, дают индоанилиновые красители:



В присут. своб. радикалов или соед., являющихся источниками своб. радикалов (Br₂, Cl₂, H₂O₂, O₃), *п*-Ф. и его производные способны превращаться в окрашенные катион-радикалы (соли Вюрстера, ф-ла I), применяемые в качестве антиоксидантов, ингибиторов полимеризации, красителей в цветной фотографии.

При действии Cl₂ в CH₃COOH или KClO₄ в HCl *п*-Ф. превращается в тетрахлор-*п*-бензохинон (хлоранил); *м*-Ф. при нагр. с 10%-ным р-ром HCl образует резорцин. *м*- и *п*-Ф. легко сополимеризуются с разл. орг. соед.; напр., с диизоцианатами образуют *полиуретаны*, с диальдегидами – полишиффовы основания, с эпоксидами – *сетчатые полимеры*.

В пром-сти *о*-Ф. получают восстановлением *о*-нитроанилина NaHS (реже – Zn-пылью в водно-спиртовом р-ре NaOH) или его каталитич. гидрированием в присут. Pd/C (70–90 °С, 3 МПа, выход 85–90%) или Ni/Cr₂O₃; *м*-Ф. – восстановлением *м*-динитробензола порошком Fe в HCl (выход 74%) или его каталитич. гидрированием в присут. Ni; *п*-Ф. – восстановлением *п*-нитроанилина Na₂S, порошком Fe в HCl или Zn в КОН. Другие способы получения: взаимодейств. соответствующих дибромбензолов с водным NH₃ в присут. CuSO₄ при 175–180 °С (*о*-Ф.) и 180–190 °С (*п*-Ф.); восстановление *п*-нитроанилина на Cu–Mo-катализаторе в присут. небольших кол-в NH₄Cl или CH₃COOH.

Ф. – реагенты в произ-ве кубовых красителей (*о*-Ф.), азокрасителей (*м*-Ф.), сернистых, прямых и дисперсных красителей (*п*-Ф.); соли Ф. – проявляющие в-ва в черно-белой и цветной фотографии. *м*- и *п*-Ф. используют в произ-ве полиамидов, полиуретанов, в качестве антиоксидантов и антиозонантов пластмасс и эластомеров, отвердителей эпоксидных смол (*м*-Ф.), для окрашивания волос и меха (*п*-Ф.), как реагенты для обнаружения моносахаридов (*м*-Ф.), хлора, брома, озона (*п*-Ф.).

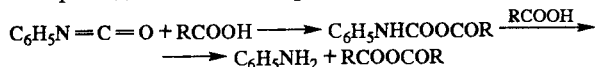
Ф. – токсичны; неблагоприятно действуют на почки, печень, изменяют состав крови, вызывают респираторные заболевания и дерматиты. ПДК в воздухе рабочей зоны для *о*-, *м*- и *п*-Ф. соотв. 0,5, 0,1 и 0,05 мг/м³; для *п*-Ф. ЛД₅₀ 133,4 мг/кг (крысы, перорально). Ниж. КРВ для *о*-Ф. 10,4 г/м³. Т. исп. для *п*-Ф. 155,5 °С.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 183, 220–24; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 2, N. Y., 1978, p. 348–54.

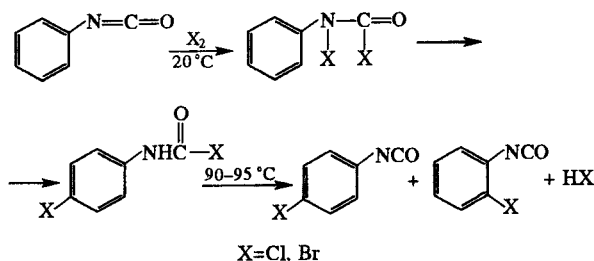
С. И. Диденко.

ФЕНИЛИЗОЦИАНАТ, C₆H₅N=C=O, мол. м. 119,12; бесцв. жидкость с резким запахом; т. пл. –32,3 °С, т. кип. 161,7 °С, 48 °С/10 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,0956; n_D^{20} 1,5368; давление пара 4,5·10² Па (30 °С); $\Delta H_{\text{пл}}$ 105 кДж/кг; $\Delta H_{\text{исп}}$ 323 кДж/кг (165 °С); C_p 1,51 кДж/(кг·К) (200 °С); μ 7,52·10^{–30} Кл·м. Хорошо раств. в большинстве апротонных р-рителей.

Ф. обладает св-вами ароматич. изоцианатов. При взаимодействии со спиртами образует соответствующие кристаллич. фенилуретаны C_6H_5NCOOR , под действием воды разлагается: $C_6H_5NCO + H_2O \rightarrow [C_6H_5NHCOOH] \rightarrow C_6H_5NH_2 + CO_2$. С аммиаком Ф. образует N-фенилмочевину, с анилином – N,N-дифенилмочевину, с диметиламином – N,N-диметил-N'-фенилмочевину (гербицид фенурон): $C_6H_5N=C=O + NH(CH_3)_2 \rightarrow C_6H_5NHCON(CH_3)_2$. При взаимодействии с карбонильными к-тами превращается в смешанный ангидрид, к-рый может распадаться до симметричного ангидрида и анилина:



При действии H_2SO_4 Ф. превращается в сульфаниловую к-ту: $C_6H_5NCO + H_2SO_4 \rightarrow [C_6H_5NHCO_2SO_3H] \rightarrow n-NH_2C_6H_4SO_3H$. С галогенами дает дигалогенпроизводные, к-рые при нагревании перегруппировываются в смесь орто- и пара- замещенных Ф.:



Гидрирование Ф. в присут. Ni при 190 °C приводит к смеси анилина, N-метилаанилина, дифенилмочевины, CH_4 и CO_2 ; $LiAlH_4$ восстанавливает Ф. до N-метилаанилина (выход 70–90%). В присут. триалкилфосфинов при 10 °C Ф. образует димер, в присут. оснований (CH_3COOK , CH_3ONa , Na_2CO_3 и др.) – тример.

Ф. в бензоле при 20–25 °C катализирует дегидратацию и декарбоксилирование гидроксиминокислот в нитрилы (выход более 90%): $HO\dot{N} = CHC_6H_4COOH \rightarrow C_6H_5CN + CO_2 + H_2O$; в присут. следов триэтиламина – дегидратацию нитроалканов до нитрилоксидов.

В пром-сти Ф. получают фосгенированием анилина. Препаративно синтезируют обработкой фенилдиазонийхлорида $KOON$ в присут. Cu или взаимодействием дифенилмочевины с фосгеном в хлорнафталине (150 °C, выход 70–80%).

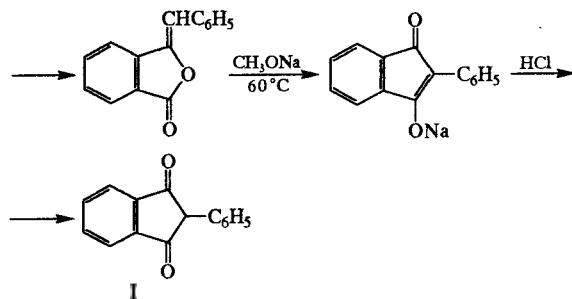
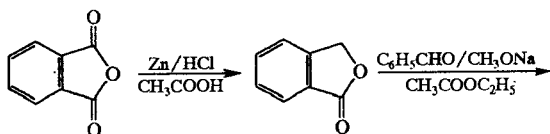
Ф. применяют в синтезе уретанов, дисперсных красителей, гербицида фенурона, используют для идентификации спиртов, фенолов и др. гидроксисоединений.

Т. вст. 51 °C, т. воспл. 645 °C. Раздражает слизистые оболочки дыхат. путей и глаз.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 654, 694; Горбатенко В. И., Журавлев Е. З., Самарай Л. И., Изоцианаты. Методы синтеза и физико-химические свойства алкил-, арил- и гетероизоцианатов, К., 1987; Ullmann's Encyklopädie, 4 Aufl., Bd 13, Weinheim, 1977, S. 348.

С. И. Диденко.

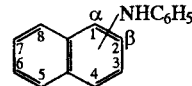
ФЕНИЛИН (2-фенил-1,3-индандион, ф-ла I), мол. м. 222,24; бесцв. или кремовые кристаллы; т. пл. 148–151 °C; практически не раств. в воде, плохо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, хорошо – в бензоле, хлороформе, CCl_4 . При стоянии на свету темнеет, под действием щелочных агентов приобретает красноватую окраску вследствие енолизации. Ф. получают по схеме:



Ф. – активный непрямой антикоагулянт крови, приводит к нарушению образования протромбина в печени и уменьшает содержание разл. факторов свертывания крови, является антагонистом витамина К. Действует медленно и продолжительно. Применяют Ф. при лечении тромбозов, тромбозов и др.

Л. Н. Койков.

N-ФЕНИЛНАФТИЛАМИНЫ (анилинонафталины), мол. м. 219,26. Различают N-фенил-1-нафтиламин (α-Ф., неон А, нонокс А) и N-фенил-2-нафтиламин (β-Ф., неон Д, нонокс Д). Бесцв. кристаллы, для α- и β-Ф. соотв. т. пл. 62–63 °C и 108 °C, т. кип. 224 °C/12 мм рт. ст. и 236 °C/15 мм рт. ст.; $\Delta H_{\text{сгор}}$ –8389,22 и –8325,53 кДж/моль. Хорошо раств. в диэтиловом эфире, этаноле, бензоле, $CHCl_3$ (с голубой флуоресценцией); α-Ф. раств. в воде (1,44 г в 100 мл при 25 °C), β-Ф. не растворяется.



По хим. св-вам Ф. – типичные представители ароматич. аминов. Бромирование Ф. избытком Br_2 в CH_3COOH , нитрование HNO_3 в CH_3COOH при 95–100 °C идет по нафталиновому ядру с образованием смеси соответствующих ди- и тетразамещенных производных; при сульфировании конц. H_2SO_4 при 240 °C β-Ф. разлагается на 2-нафтол и анилин.

В пром-сти α-Ф. получают взаимодействием анилина с 1-нафтиламином в жидкой фазе при 230–250 °C (кат. I_2 или *n*-толуолсульфокислота) или в паровой фазе при нагревании смеси в-в до 800 °C над гелем Al_2O_3 . β-Ф. получают нагреванием анилина с 2-нафтолом при 180–200 °C (кат. I_2 , SO_2 или H_2SO_4). Лаб. способ получения β-Ф. – кипячение 2-бромнафталина с ацетанилидом в нитробензоле в присут. K_2CO_3 , KI и сплавов Cu (гл. обр. бронзы).

Ф. – антиоксиданты для синтетич. каучуков, полиэтилена и полиизобутилена (β-Ф.); применяются в произ-ве арилметановых красителей (α-Ф.) и азокрасителей для ацетатного шелка (β-Ф.); β-Ф. – реагент для определения атм. озона.

Ф. – умеренно токсичны; вызывают дерматиты, способствуют превращению в организме гемоглобина в метгемоглобин (α-Ф.), вредно действуют на печень (β-Ф.). ПДК β-Ф. в атм. воздухе 0,03 мг/м³.

Лит.: Доналдсон Н., Химия и технология соединений нафталинового ряда, пер. с англ., М., 1963; Ullmann's Encyklopädie, 4 Aufl., Bd 17, Weinheim – N.Y., 1979, S. 107; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 15, N.Y., 1981, p. 726–27.

Н. Н. Артамонов.

γ-ФЕНИЛПРОПИЛОВЫЙ СПИРТ (3-фенилпропанол, гидрокориичный спирт), $C_6H_5CH_2CH_2CH_2OH$, мол. м. 136,19; бесцв. жидкость со слабым запахом, напоминающим запах гиагинта; т. пл. –18 °C, т. кип. 237,5 °C; d_4^{20} 1,007; n_D^{20} 1,5278; давление пара 1,99 Па (20 °C); р-римость в 70%-ном этаноле 1:1; не раств. в воде; производное: фенилуретан, т. пл. 48–49 °C. Содержится в своб. виде и в виде эфиров в нек-рых прир. смолах и балзамах, в корице, фруктах и эфирных маслах. Получают каталитич. гидрированием коричного альдегида или конденсацией стирила с CH_2O и послед. гидрированием образующегося 4-фенил-1,3-диоксана. Применяется (гл. обр. в виде эфиров) при составлении парфюмерных композиций (запах розы и гиагинта) и как промежуточный продукт в синтезе нек-рых фармацевтич. препаратов. Т. вст. 109 °C.

Л. А. Хейфиц.

68 ФЕНИЛУКСУСНАЯ

ФЕНИЛУКСУСНАЯ КИСЛОТА (α -толуиловая к-та), $C_6H_5CH_2COOH$, мол. м. 136,15; блестящие иглы с запахом меда (в больших разведениях запах приобретает цветочный оттенок); т. пл. 77–78,5 °C, т. кип. 265,5 °C, 144,2–144,8 °C/12 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,228; n_D^{20} 1,450–1,454; pK_a 4,31 (вода, 25 °C); хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире и др. орг. р-рителях, плохо – в воде (1,66 г в 100 г воды при 20 °C). Содержится в нек-рых эфирных маслах и табаке. В организме животных образуется из фенилаланина, после окислит. разложения выводится из организма в виде солей фенилпировиноградной к-ты с аминокислотами.

Получают Ф.к. гидролизом $C_6H_5CH_2CN$ или каталитич. превращением $C_6H_5CH_2Cl$ в $C_6H_5CH_2COOR$ под действием СО и спиртов в присут. алкоголятов щелочных металлов с послед. гидролизом.

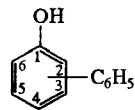
Ф.к. и ее эфиры применяют при составлении парфюм. композиций и пищ. эссенций. Ф.к. – исходный продукт для синтеза *фенамина*; используется в синтезе бензилпенициллина (Ф.к. вводят в качестве предшественника в питат. среду при культивировании плесени *Penicillium chrisogenum* или *P. notatum*), а также в синтезе фенантрена по методу Пшорра (см. *Пшорра синтез*).

Т. всп. 190 °C, т. воспл. 543 °C. ЛД₅₀ 5 г/кг (кролики, перорально).

Л. А. Хейфиц.

ФЕНИЛФЕНОЛЫ (гидроксибифенилы), мол. м. 170,2; бесцв. кристаллы (см. табл.); раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде; перегоняются с водяным паром.

Ф. по хим. св-вам подобны *фенолам*. 2-Ф. при бромировании в присут. CH_3COOH превращается в смесь 3,5-дибром- и 3,4,5-трибром-2-гидроксибифенилов, при нитровании в среде CH_3COOH – в 3,5-динитропроизводное. 4-Ф. бромируется одним эквивалентом Br_2 по положению 3, двумя эквивалентами – по положениям 3 и 5; при нитровании $NaNO_2$ и H_2O_2 в среде CH_3COOH образует 3-нитропроизводное.



СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФЕНИЛФЕНОЛОВ

Положение фенильной группы	Т. пл., °C	Т. кип., °C
2	59–60	287
3	77	300
4*	165	305–308 (с возг.)

* μ 7,37 · 10⁻³⁰ Кл · м.

В пром-сти смесь 2- и 4-Ф. – побочный продукт в произ-ве фенола; выделяют их перегонкой с водяным паром из смолы, остающейся после отгонки фенола. Синтезируют 2-Ф. нагреванием циклогексанона в присут. кислотных катализаторов при 120 °C с послед. парофазным каталитич. дегидрированием (400 °C, Ni–Cr, Pt или Pd–Al₂O₃) образующегося циклогексенциклогексанона, а также каталитич. изомеризацией дифенилового эфира (Na, 200 °C), 4-Ф. получают кипячением 4-фторфенола с бензолом в присут. $AlCl_3$ или щелочной плавкой дифенил-4-сульфокислоты.

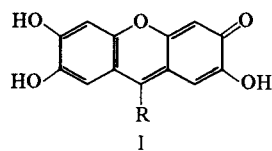
2-Ф. – антисептик для натуральной кожи, текстиля, древесины и бумаги, помогает в-во при крашении дисперсными красителями; 4-Ф. – промежуток продукт при синтезе неионогенных ПАВ.

Т. всп. для 2-Ф. 132 °C.

Лит.: Ullmann's Encyklopädie, 4 Aufl., Bd 18, Weinheim, 1979, S. 218.

Н. Н. Артамонова.

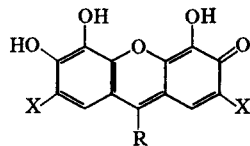
ФЕНИЛФЛУОРОН (2,6,7-тригидрокси-9-фенил-3(3Н)-ксантенон; ф-ла I, R – фенил), мол. м. 320,30; красно-оранжевые кристаллы, не раств. в воде, раств. в водно-спиртовых р-рах к-т и щелочей, ДМФА. Амфотерен; pK_a^1 6,3, pK_a^2 10,2, pK_a^3 11,7; при pH ≤ 1,2 протонирован по карбонильной группе (pK_a 2,1). В спектрах поглощения наблюдаются максимумы



при следующих длинах волн λ (в нм): 462–465 (pH 1,2); 462 и 490–492 (pH 4,8–5,2); 512–514 (pH 8,4–9,0); 532–538 (pH 11,4–12,0); 556–558 (pH ≥ 13,0). Получают Ф. конденсацией триацетоксигидрохинона (пирогаллола А) с бензальдегидом в водно-этанольной среде в присут. H_2SO_4 .

Ф. – реагент для фотометрич. определения в водно-этанольных р-рах Ge(IV) (1М HCl, λ 530 нм, ϵ 4,0 · 10⁴), Sn(IV) (0,1М HCl, λ 530 нм, ϵ 3,5 · 10⁴), Ti(IV) (pH 2–2,3, λ 540 нм, ϵ 7,4 · 10⁴), Sb(III) (0,05М H_2SO_4 , λ 560 нм, ϵ 3,4 · 10⁴), Nb(V) (0,3М H_2SO_4 , λ 510 нм, ϵ 3,1 · 10⁴), Mo(VI) (pH 1, λ 578 нм, ϵ 4,9 · 10⁴). С ионами перечисленных металлов Ф. образует труднорастворимые в воде окрашенные комплексные соединения. Водно-этанольные р-ры последних стабилизируют защитными коллоидами (желатин, гуммиарабик, поливиниловый спирт). Чувствительность определения увеличивается (ϵ достигает 10⁵ и выше) при введении в эти р-ры ПАВ. Ф. – неселективный реагент, поэтому обычно либо предварительно отделяют определяемый элемент, либо применяют маскирующие агенты.

Ф. – типичный представитель тригидроксифлуоронов (оксиксантоновых красителей) – соединений общей ф-лы I. Они представляют собой красные кристаллы, плавятся с разложением; не раств. в воде, этаноле, раств. в водно-спиртовых р-рах к-т и щелочей. Слабые к-ты; в водно-спиртовых р-рах в зависимости от pH образуют 5 различно окрашенных форм. Аналог Ф.: салицилфлуорон (I, R – 2-гидроксибензил), пропиленфлуорон (I, R – пропилен), 2-нитрофенилфлуорон (I, R – 2-нитрофенил), 2,4-дисульфобензилфлуорон (I, R – 2,4-дисульфобензил). Применяются для фотометрич. определения Ti(IV), Zr(IV), Hf(IV), Sn(IV), V(IV), Nb(V), Ta(V), Bi(III), Mo(VI), W(VI), с к-рыми образуют комплексные соединения, стабилизированные в водных р-рах защитными коллоидами и ПАВ. Часто перечисленные металлы определяют в виде экстрагированных хлороформом разнолигандных комплексных соед., лигандами в к-рых кроме тригидроксифлуорона являются антипирин, диантипирилметан, N-бензоил-N-фенилтидросиламин и его аналоги. Тригидроксифлуороны используют также для отделения, концентрирования (соосаждения) и последующего атомно-эмиссионного и рентгенофлуоресцентного определения микроколичеств Ge, PЗЭ, Ta, Nb, Zr, Hf, Bi, W и др.



К тригидроксифлуоронам относят также соед. общей ф-лы II, обладающие аналогичными св-вами. Важнейшие представители: галлеин (II, X = H, R – 2-карбоксибензил), пирогалловый красный (II, X = H, R – 2-сульфофенил) и бромпирогалловый красный (II, X = Br, R – 2-сульфофенил). Они применяются в качестве комплексонометрич. индикаторов и для фотометрич. определения Ag(I), PЗЭ, Zr(IV), Sn(IV), Mo(VI) и др.

Лит.: Назаренко В. А., Антонов В. П., Триоксифлуороны, М., 1973; Антонов В. П. [и др.], «Ж. аналит. химии», 1984, т. 39, в. 7, с. 1157–76; Антонов В. П. [и др.], «Ж. неорг. химии», 1986, т. 31, в. 6, с. 1422–26.

В. П. Антонович.

ФЕНИЛХЛОРСИЛАНЫ, соединения общей формулы $(C_6H_5)_mSiCl_{3-m}H_n$, где m и n = 1–3, $m+n$ = 4. Бесцв. жидкости, за исключением трифенилхлорсилана (табл.).

По хим. св-вам – типичные *органоалогенсиланы*. В отличие от алкилхлорсиланов, Ф. более устойчивы к нагреванию (напр., $PhSiCl_3$ не разлагается до 400 °C), связи Si–C менее стойки к воздействию электроф. реагентов, гидролитич. конденсация протекает с меньшей скоростью.

Методы получения Ф. аналогичны методам получения органоалогенсиланов.

Ф. – базовое исходное сырье для произ-ва олигомерных, полимерных и особенно сополимерных (алкилфенилсилоксановых) продуктов. Фенилтрихлорсилан, фенилдихлорсилан и фенилхлорсилан применяют в произ-ве полиалкилфенилсилоксановых связующих для термостойких конструкционных пластмасс и защитных антикоррозионных лакокрасоч-

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФЕНИЛХЛОРСИЛАНОВ

Соединение	Мол. м.	Т. кип., °С/мм рт. ст.	d_4^{20}	n_D^{20}
Фенилтрихлорсилан PhSiCl_3	211,69	201,5/760	1,324	1,524
Фенилдихлорсилан PhSiHCl_2	177,19	181,5/750	1,212	1,524
Фенилхлорсилан PhSiH_2Cl	142,70	92,5/65	—	1,520
Дифенилдихлорсилан Ph_2SiCl_2	253,29	305,2/760	1,222	1,582
Дифенилхлорсилан Ph_2SiHCl	218,80	99–101/1	1,137	1,584
Трифенилхлорсилан Ph_3SiCl	294,90	378/760*	—	—

* Т. пл. 110–111 °С.

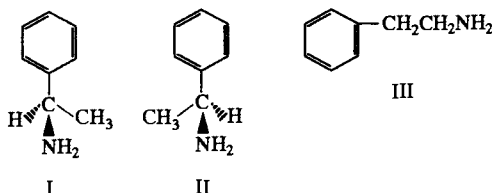
ных покрытий, дифенилдихлорсилан – в произ-ве эластомеров и техн. жидкостей, трифенилхлорсилан – в произ-ве техн. жидкостей.

Все жидкие Ф. вызывают раздражение слизистых оболочек глаз, дышат. путей, нарушают нормальное функционирование нервной системы, при попадании на кожу могут вызвать ожоги. Ф.– горючие в-ва; Ф., содержащие гидридсилильные группы SiH, образуют с воздухом взрывоопасные смеси (предел взрываемости 0,8–77,5% по объему). Для Ф. ПДК 0,001 мг/м³.

Лит. см. при ст. Кремнийорганические соединения.

В. Н. Емельянов.

ФЕНИЛЭТИЛАМИНЫ. В статье рассмотрены незамещенные первичные Ф. Различают α-Ф (1-фенилэтиламин), существующий в виде (R)- (ф-ла I), (S)-энантиомеров (II) и рацемата, а также β-Ф. (2-фенилэтиламин) (III).



α-Ф.– бесцв. кристаллы, β-Ф.– жидкость (табл.); β-Ф. хорошо раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире, р-римость рацемич. α-Ф.– 4,167 г в 100 г воды при 20 °С.

По хим. св-вам Ф.– типичные первичные амины. С минер. и орг. к-тами образуют соли, с альдегидами – основания Шиффа, с цианатами и тиоцианатами – замещенные мочевины и тиомочевины; с сульфохлоридами – соответствующие амиды сульфокислот. Ф. ацилируются по Шоттена–Баумана реакции с образованием N-замещенных амидов; N-алкилирование галогенопроизводными низших углеводов приводит

СВОЙСТВА ФЕНИЛЭТИЛАМИНОВ

Показатель	(R)-α-Ф.	(S)-α-Ф.	(RS)-α-Ф. ^a	β-Ф.
Т. пл., °С (гидрохлорид)	160 ^b	171	158	—
Т. кип., °С	187	187	187,5	195
d_4^{20}	0,9561 ¹⁵	0,952 ²⁰	0,953 ²⁵	0,964 ²⁵
n_D^{20}	1,5269	1,5281	1,5269	1,5315 ^c
$[\alpha]_D^{20}$, град (этанол)	+31,0	–31,5	—	—
Ур-ние температурной зависимости давления пара: lg p (мм рт. ст.)=A–B/T температурный диапазон, К	От 340,65 до 460,55 8,4188	От 327,15 до 460,55 8,8889	От 331,65 до 460,90 8,24268	От 329,15 до 470,65 8,72693
A	2543,67	2735,35	2461,51	2735,95
B	—	—	2,46 · 10 ⁵	7,09 · 10 ⁵
K _B (вода, 25 °С)	—	—	—	—

^a ΔH_{исп} 36,795 кДж/моль (33 °С); η 1,66 мПа · с (25 °С). ^b Т. пл. 32,5 °С. ^c При 25 °С.

дит к образованию аминов и четвертичных аммониевых оснований; под действием HNO₂ Ф. превращаются в соответствующие спирты с выделением N₂ и H₂O.

Рацемич. Ф. получают взаимод. ацетофенона с формиатом аммония в присут. ледяной CH₃COOH при 150 °С; восстановлением щелочного р-ра (1-нитроэтил)бензола Zn-пылью; гидрированием ацетофеноноксима на Ni-Ренея в этаноле при 85 °С и давлении 7 МПа либо ацетофенона на Ni в метанольном р-ре NH₃ при 105 °С и давлении 7 МПа.

(R)- и (S)-α-Ф. получают расщеплением рацемата при взаимод. его с оптически активными производными разл. природных соед. (винной, камфорной, хинной, яблочной к-тами и др.); (S)-α-Ф. образуется также при нагр. амида (S)-2-фенилпропионовой к-ты в водно-щелочном р-ре гипобромита натрия.

β-Ф. получают восстановлением бензилцианида LiAlH₄ в присут. AlCl₃ либо его каталитич. гидрированием в присут. Ni-Ренея в жидком NH₃ или щелочном р-ре CH₃OH при 90–130 °С и давлении 0,8–12 МПа; гидрированием 1,2-дибром-1-нитро-2-фенилэтана на Pd катализаторах в метаноле, взаимод. амида гидрокоричной к-ты с щелочным р-ром гипобромита К и др.

Ф.– важные полупродукты тонкого орг. синтеза и синтеза физиологически активных в-в. β-Ф.– бактерицид, репеллент против грызунов.

Для α-Ф. ЛД₅₀ 400 мг/кг, для β-Ф.– 940 мг/кг (мыши, перорально).

Лит.: Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 15, N. Y., 1981, p. 775–76.

С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

β-ФЕНИЛЭТИЛОВЫЙ СПИРТ (2-фенилэтанол), C₈H₉CH₂CH₂OH, мол. м. 122,17; бесцв. жидкость с нежным запахом розы; т. пл. –27 °С; т. кип. 220–222 °С, 99–99,5 °С/10 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,0202; n_D^{20} 1,5325; давление пара 4,39 Па (20 °С); раств. в пропиленгликоле, р-римость в 50%-ном этаноле 1:2, в воде 1:60; производные: фенилуретан, т. пл. 80 °С, нафтилуретан, т. пл. 119 °С, 3,5-динитробензоат, т. пл. 108 °С. При перегонке Ф. с. над безводным КОН образуется стирол (используют как качественную р-цию), при окислении – смесь фенилацетальдегида и фенилуксусной к-ты.

Содержится Ф. с. в розовом (25–65%), гвоздичном, гераниевом, неролиевом и др. эфирных маслах; в виде эфира коричной к-ты найден в смолах и бальзамах.

В пром-сти Ф. с. получают взаимод. C₆H₆ с этиленоксидом в присут. AlCl₃ или гидрированием стиroleксида.

Используют Ф. с. при приготовлении мн. цветочных и фантазийных парфюм. композиций, отдушек для мыла и косметич. изделий, искусств. розового масла, пищ. эссенций, а также как сырье для получения душистых в-в – фенилацетальдегида и разл. эфиров (табл.).

СВОЙСТВА ЭФИРОВ β-ФЕНИЛЭТИЛОВОГО СПИРТА C₈H₉CH₂CH₂O(OR)

Эфир (R)	Мол. м.	Т. кип., °С	d_4^{25}	n_D^{20}	Запах
Формиат (H)	150,18	221	1,037–1,038	1,5103–1,5105	Хризантемы, розы
Ацетат (CH ₃)	164,21	232	1,030–1,033	1,4970–1,5010	Фруктов, зелени
Пропионат (C ₂ H ₅)	178,23	244	1,010–1,013	1,4924–1,4956	Фруктов, розы, лилии
Изобутират [CH(CH ₃) ₂]	192,25	256–260	0,987–0,990	1,4893–1,4900	Розы и фруктов
Извалерат [CH ₂ CH(CH ₃) ₂]	206,28	265–266	0,9810	1,484–1,486	Абрикоса и розы
Фенилацетат (C ₆ H ₅ CH ₂)	240,31	330*	1,090	1,5498	Гиадинта и меда
Циннамат (CH=CHC ₆ H ₅)	252,32	Т. пл. 52 °С	—	—	Бальзамич. с нотой розы

* Т. пл. 27–28 °С.

Из эфиров Ф. с. наиб. применение находит фенилэтил-ацетат, бесцв. жидкость, раств. в пропиленгликоле и др. орг. р-рителях, р-римость в 70%-ном этаноле 1:2, плохо раств. в воде. Получают взаимод. фенилэтилового спирта с CH_3COOH в присут. H_2SO_4 .

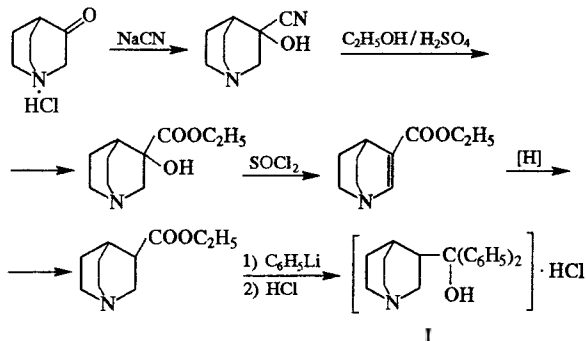
Используют при приготовлении парфюм. композиций и пищ. эссенций. Т. исп. 100°C , т. воспл. 540°C . ЛД₅₀ > 5 г/кг (крысы, перорально), 6,2 г/кг (кролики, подкожно).

В организме Ф. с. полностью окисляется в фенилуксусную к-ту.

Т. исп. 101°C , т. воспл. 460°C , КПВ 0,8–4,2% (по объему), температурные пределы воспламенения 88–122 $^\circ\text{C}$. ЛД₅₀ 1,79 г/кг (крысы, перорально).

Л. А. Хейфиц.

ФЕНКАРОЛ [гидрохлорид (3-хинуклидил)дифенилметанола; ф-ла I], мол. м. 329,87; бесцв. кристаллы горького вкуса, т. пл. 291–293 $^\circ\text{C}$ (с разл.); раств. в воде (1:500), этаноле, метаноле (1:350). В водных р-рах рК_a 10,14. Из водных р-ров низших спиртов кристаллизуется в виде дигидрата. При рН 7,4 коэф. распределения в системе октанол – вода составляет 7,2. Получают Ф. по схеме:



Ф.– препарат с антигистаминной и слабой антисеротониновой активностью. Он не только блокирует H_1 -рецепторы, но и активизирует диаминоксидазу. Не обладает выраженным седативным действием. Применяется при разл. аллергиях, заболеваниях.

Лит.: Каминка М. Э. [и др.], «Химико-фармацевт. журнал», 1976, № 6, с. 48–53; Яхонтов Л. Н., Глушков Р. Г., Синтетические лекарственные средства, М., 1983, с. 192–95; Турчин К. Ф. [и др.], «Химико-фармацевт. журнал», 1986, № 1, с. 65–72; «Progress in drug research», 1983, в. 27, р. 9–61.

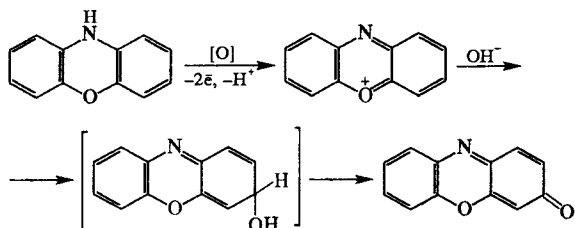
Л. Н. Койков.

ФЕНОКСАЗИН (дибензо-1,4-оксазин), мол. м. 183,2; бесцв. кристаллы; т. пл. 156–159 $^\circ\text{C}$; μ $6,1 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Хорошо раств. в ацетоне, диэтиловом эфире, хлороформе, не раств. в воде. Р-ры Ф. в орг. р-рителях имеют фиолетово-красную флуоресценцию. Молекула слегка непланарна.

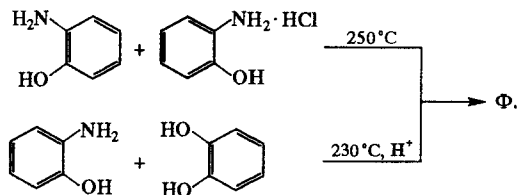
Ф. обладает св-вами ароматических соединений. Электроф. замещение протекает легко и направляется в первую очередь в положения 3 и 7 (нитрование, бромирование) или 2 и 8 (р-ция Фриделя – Крафта); легко также идет N-ацилирование и N-цианоэтирование.

Алкилирование происходит только в присут. NaNH_2 .

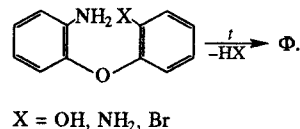
Ф. при действии окислителей (FeCl_3 , Br_2 , H_2O_2) в кислой среде (CH_3COOH , H_2SO_4 , HClO_4) дает соли, окрашенные в оранжевый цвет, к-рые при обработке щелочами превращаются в 3(3Н)-феноксазинон:



Получают Ф. нагреванием *o*-аминофенола с его гидрохлоридом или пирокатехином в присут. кислых катализаторов, а также нагреванием (270°C) *o*-аминофенола с I_2 (выход 30–35%):



Другой способ получения – внутримол. циклизация 2,2'-диамещенных дифенилового эфира при нагр. с разл. конденсирующими агентами:



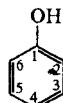
X = OH, NH₂, Br

Ф.– структурный фрагмент антибиотиков группы актиномицина; производные Ф.– синтетич. красители (см. Оксациновые красители).

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 551–68; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 580–95.

Г. А. Швейгерт, В. Н. Келарев.

ФЕНОЛ (гидроксibenзол, карболовая к-та), мол. м. 94,11; бесцв., розовеющие на воздухе кристаллы с характерным запахом; т. пл. $40,8^\circ\text{C}$, т. кип. $181,84^\circ\text{C}$, $70,9^\circ\text{C}/10$ мм рт. ст.; d_4^{25} 1,132, d_4^{41} (жидкость) 1,0576; n_D^{25} 1,5509; $p_{\text{криг}}$ 6,11 МПа; $t_{\text{криг}}$ 419°C ; η $2,47 \cdot 10^{-6}$ (60 $^\circ\text{C}$) и $1,56 \cdot 10^{-6}$ М²/с (80°C); γ 0,03766 Н/м (50 $^\circ\text{C}$); μ $4,736 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; S_p^0 132,7 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 11,5 кДж/моль; $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 45,923 кДж/моль; $\Delta H_{\text{возг}}^0$ 68,594 кДж/моль (25 $^\circ\text{C}$); $\Delta H_{\text{аэроз}}^0$ –3051,8 кДж/моль; $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –162,944 кДж/моль; ϵ 11,60 (жидкость, 40 $^\circ\text{C}$), 2,83 (кристаллы, 20 $^\circ\text{C}$). Ф.– слабая к-та, рК_a 9,98 (вода, 25 $^\circ\text{C}$). Хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, ацетоне, CHCl_3 и др. орг. р-рителях, умеренно – в воде (6,7 г в 100 мл при 16 $^\circ\text{C}$), при т-ре выше 66 $^\circ\text{C}$ раств. в воде в любом соотношении. Образует двухкомпонентные азеотропные смеси, напр. с H_2O (т. кип. 99,6 $^\circ\text{C}$, 9,2% по массе Ф.), кумолом (т. кип. 170,5 $^\circ\text{C}$, 37% Ф.), анилином (т. кип. 186,22 $^\circ\text{C}$, 42% Ф.) и трехкомпонентные азеотропные смеси, напр. с H_2O и кумолом (т. кип. 134,3 $^\circ\text{C}$, 79,5% Ф., 20,33% H_2O и 0,17% кумола).

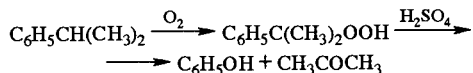


По хим. св-вам Ф.– типичный представитель фенолов; первый член ряда. При взаимодействии с щелочами МОН Ф. образует соли – феноляты ф-лы $\text{C}_6\text{H}_5\text{OM}$. Взаимод. $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$ с диметилсульфатом приводит к простому эфиру Ф.– анизолу. Сложные эфиры образуются при нагр. Ф. с хлорангидридами к-т в присут. третичных аминов или с р-ром NaOH (р-ция Шоттена – Баумана). По Кольбе – Шмитта реакции Ф. при действии NaOH и CO_2 превращается в салициловую к-ту, при действии KOH и CO_2 – в *n*-гидроксibenзойную. Аммонолиз Ф. при 300–600 $^\circ\text{C}$ и давлении выше 1,5 МПа (кат. Al_2O_3 или алумосиликат) приводит к анилину.

Р-ции электроф. замещения протекают по *орто*- и *пара*-положениям. Так, нитрование Ф. конц. HNO_3 приводит к 2,4,6-тринитрофенолу (пикриновой к-те), бромирование Br_2 – к 2,4,6-трибромфенолу, сульфирование – к смеси *o*- и *n*-фенолсульфокислот, алкилирование алкилгалогенидами, олефинами или спиртами в присут. кислых катализаторов – к смеси *o*- и *n*-алкилфенолов. Ф. легко конденсируется с карбонильными соед., образуя, напр., с формальдегидом феноло-формальдегидные смолы, с ацетоном – бисфенол А [2,2-бис-(4-гидроксibenзил)пропан], с фталевым ангидридом – фенолфталеин. Окисление Ф. O_2 воздуха или персульфатом К в щелочной среде приводит к гидрохинону. При

действии LiAlH_4 при 350°C Ф. превращается в бензол, в условиях жидкофазного гидрирования в присут. Ni- и Pd-катализаторов – в циклогексаноле. Последний (с примесью циклогексанона) образуется также при газофазном гидрировании Ф. в присут. металлов VIII гр. (напр., $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$, $120\text{--}140^\circ\text{C}$, $1\text{--}1,5$ МПа; Ni-Ренея, 150°C , $1\text{--}2$ МПа; Fe-Cr, $100\text{--}120^\circ\text{C}$, $1\text{--}2$ МПа).

В промышленности Ф. синтезируют преим. окислением кумола O_2 воздуха при $90\text{--}130^\circ\text{C}$ в присут. щелочных добавок с послед. разложением образующегося гидропероксида кумола (т. наз. кумольный метод, или метод Удриса – Сергеева) по р-ции:



Выход Ф. ок. 96% в расчете на кумол; выделяют Ф. и ацетон ректификацией. Побочные продукты – α -метилстирол и ацетофенон, от примесей к-рых (окись мезитила, 2-метилбензофуран и др.) Ф. очищают на катионитах или обработкой H_2SO_4 .

Другие пром. способы синтеза Ф.:

1) Окисление толуола O_2 воздуха в бензойную к-ту ($150\text{--}170^\circ\text{C}$, $1,5$ МПа, кат.– Со) с послед. окислит. декарбоксилированием ($230\text{--}240^\circ\text{C}$, кат.– Cu) до Ф. (толуольный метод, выход 82%). 2) Окислит. гидрохлорирование бензола (270°C , кат.– оксиды Fe и Cu) с послед. гидролизом образующегося хлорбензола водяным паром при $450\text{--}550^\circ\text{C}$, кат.– SiO_2 (хлорбензоольный метод Хугера – Рашига, выход 90–95%). 3) Сульфирование бензола H_2SO_4 ($120\text{--}150^\circ\text{C}$, $0,25$ МПа) с послед. щелочным плавлением образующейся бензолсульфокислоты с NaOH при 320°C (сульфурационный метод, выход 92%). 4) Окисление циклогексана O_2 воздуха ($130\text{--}160^\circ\text{C}$, $3\text{--}4$ МПа, кат.– соли Со) в смесь циклогексанола и циклогексанона с послед. дегидрированием при $250\text{--}420^\circ\text{C}$, кат.– Со, Pt или Ni (циклогексаноольный метод, выход 95%).

Для обнаружения Ф. используют цветные р-ции, напр., с р-ром FeCl_3 (фиолетовое окрашивание, исчезающее при подкислении), бромной водой (появление белого осадка); для идентификации Ф. – кристаллич. производные Ф., напр. феноксисукусную к-ту (т. пл. $98\text{--}99^\circ\text{C}$). Количественно Ф. определяют иодометрич., бромометрич. или ГЖХ.

Ф. – антисептич. и дезинфицирующее ср-во (карболка черная). Применяют Ф. для произ-ва разл. фенольных смол (феноло-альдегидных, резольных), ϵ -капролактама, адипиновой к-ты, анилина, бисфенола А, алкилфенолов, пестицидов, пластификаторов; Ф. используется в синтезе многих лек. ср-в, напр. аспирина, салата, фенолфталейна.

Т. всп. 79°C (в закрытом тигле), 85°C (в открытом); т. самовоспл. 595°C ; КПВ $0,3\text{--}2,4\%$.

Ф. вызывает нарушение функций нервной системы, дыхания и кровообращения, раздражает слизистые оболочки дыхат. путей и глаз, вызывает ожоги при попадании на кожу. ПДК в атм. воздухе $0,003\text{ мг/м}^3$, в воздухе рабочей зоны $0,3\text{ мг/м}^3$, в воде водоемов рыбохозяйственного и хозяйств.-бытового пользования $0,001\text{ мг/л}$. ЛД₅₀ 427 мг/кг (мыши, внутривенно).

Мировой объем произ-ва $4,7$ млн. т в год (1985); объем произ-ва в США $1,59$ млн. т в год (1990).

Лит. см. при ст. Фенолы.

И. Д. Синович, Г. П. Павлов.

ФЕНОЛО-АЛЬДЕГИДНЫЕ СМОЛЫ (фенольные смолы), жидкие или твердые аморфные олиго- и полимерные продукты конденсации фенолов с альдегидами. В качестве фенольных компонентов используют собственно фенол и его алкил- или арилпроизводные (напр., крезолы, ксиленолы, 4-трет-бутилфенол, 4-кумилфенол), бисфенолы, а также фенолсодержащие продукты перегонки каменного угля, сланцев, нефти, сложные смеси растит. происхождения и др.

В качестве альдегидного компонента в подавляющем большинстве случаев применяют водные р-ры формальдегида (формалин) и выделяющие его твердые производные – гекса-

метилентетрамин, параформальдегид, триоксан (см. *Феноло-формальдегидные смолы*), а также фурфурол (см. *Фурановые смолы*). Высшие альдегиды – ацетальдегид, пропиональ и альдегид, масляный и изомасляный альдегиды, глиоксаль – иногда используют для синтеза термопластичных (новолачных) Ф.-а. с., к-рые обычно служат антиоксидантами полимеров.

Образование Ф.-а. с. протекает в две стадии. Р-цию обычно проводят в безводной среде в расплаве фенола в присут. кислотных катализаторов при соотношениях фенол : альдегид от $0,8:1$ до $1,3:1$.

Лит. см. при ст. Феноло-формальдегидные смолы.

П. Г. Бабаевский.

ФЕНОЛО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ КЛЕИ, см. *Клеи синтетические*.

ФЕНОЛО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ ЛАКИ, р-ры феноло-формальдегидных олигомеров (пленкообразователей) в орг. р-рителях. В качестве пленкообразователя используют немодифицир. и модифицир. резольные и новолачные феноло-формальдегидные смолы.

Для немодифицир. смол, содержащих три активных атома Н в фенольном ядре, в качестве р-рителей применяют спирты и др. полярные р-рители; для немодифицир. смол, содержащих в ядре два активных атома Н, и для смол, модифицированных растит. маслами, – неполярные р-рители. Р-римость смол в маслах увеличивается с повышением мол. м. заместителей в фенольном ядре.

Наиб. употребление находят резольные, или бакелитовые лаки, представляющие собой $50\text{--}70\%$ -ные спиртовые р-ры немодифицир. резольных смол. Наносят лаки на специально подготовленную пов-сть в неск. слоев. Отверждение каждого слоя осуществляют ступенчатым подъемом т-ры до $160\text{--}170^\circ\text{C}$ или введением кислых катализаторов отверждения, имеющих в водных р-рах $\text{pH} \leq 4$, напр. *n*-толуолсульфокислота или сульфонафтенновые к-ты (реактив «контакт Петрова»). Полученные покрытия имеют относительно высокую термостойкость, обладают высокой твердостью, стойкостью к действию р-ров минеральных к-т, солей и орг. р-рителей. Основ. недостатки – слабая адгезия к металлу, хрупкость и нестойкость к действию щелочей и окислителей. Св-ва покрытий обычно улучшают введением в лак наполнителей (графит, каолин, андезитовая мука), пигментов (алюминиевая пудра, цинковый крон и др.), пластификаторов (поливинил-ацетаты, бутадиен-нитрильный карбоксилатный каучук и др.). Используют такие лаки гл. обр. для получения стойких покрытий по черным металлам и электроизоляц. покрытий. Кроме того, их применяют для склеивания и пропитки в произ-ве текстолита, прессовочных материалов, бумажно-слоистых пластиков, разл. фильтров и др.

Для создания стойких покрытий с высокой адгезией к металлу смолы подвергают модификации высыхающими растит. маслами (гл. обр. тунгвовым), нагревая смолу и масло в течение неск. часов при $160\text{--}180^\circ\text{C}$. При этом происходит хим. связывание метилольных групп смолы с двойными связями растит. масел. Соотношение смолы и масла в таких Ф.-ф. л., наз. феноло-масляными, составляет $1: (0,5\text{--}4)$. Р-рители – уайт-спирит, сольвент-нафта, скипидар; концентрация пленкообразователя в лаке $\sim 40\%$.

Для совмещения с растит. маслами используют обычно след. смолы: феноло- и крезоло-формальдегидные, модифицированные сначала канифолью или ее эфирами, а затем глицерином или пентаэритритом, – т. наз. искусств. копалы; резольные или новолачные алкил(арил)феноло-формальдегидные смолы (гл. обр. бутилфеноло-формальдегидные) – т. наз. стопроцентные смолы; резольные смолы, модифицированные бутанолом (бутанолизированные). Последние обычно применяют в композициях с эпоксидными смолами (эпокси-фенольные лаки).

Лаки на основе искусств. копалов используют для приготовления консервных лаков и модификации алкидных смол, входящих в состав нитролаков, на основе стопроцентных смол – гл. обр. для приготовления грунтовок с хорошей адгезией к металлу и стойкостью в тропич. климате; бутанолизированные лаки – основа консервных лаков, а также бензо- и маслостойких грунтовок и эмалей.

Новолачные Ф.-ф.л., представляющие собой 30–35%-ные спиртовые р-ры новолачных смол; применяют при отделке изделий из дерева. Широкого распространения такие лаки не получили, т. к. они высыхают медленно, склонны к «проседанию» в поры подложки, образуют покрытия, темнеющие под действием света.

Лит.: Гольдберг М. М., Материалы для лакокрасочных покрытий, М., 1972; Кюн А., Шейб В., Фенольные смолы и материалы на их основе, пер. с англ., М., 1983; см. также лит. при ст. Феноло-формальдегидные смолы. Б. А. Уваров.

ФЕНОЛО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ СМОЛЫ, жидкие или твердые аморфные олиго- и полимерные продукты поликонденсации фенолов с формальдегидом или его производными.

Состав, структура и св-ва Ф.-ф. с. определяются природой и соотношением исходных компонентов, а также условиями синтеза (среда, тип и кол-во катализатора, т-ра и т. п.).

Исходными фенолами обычно служат собственно фенол и его алифатич. производные – алкилфенолы (крезолы, ксилолы, 4-трет-бутилфенол и др.; см. *Алкил(арил)феноло-формальдегидные смолы*), имеющие два или три активных атома водорода в *о*- или *п*-положениях к гидроксильной группе. Иногда применяют также дигидроксibenзолы (в частности, резорцин; см. *Резорцино-альдегидные смолы*), бисфенолы и фенолфталеины, производные фенолов, содержащие ненасыщенные и др. реакционноспособные группы (винилфенолы, 4-аминофенол и др.), сложные фенолосодержащие смеси продуктов растит. происхождения (напр., танины, продукты гидролиза лигнина), продукты пиролиза каменного угля и сланцев.

Формальдегид CH_2O вводят в р-цию чаще всего в виде водного р-ра разл. концентрации, стабилизированного метанолом (формалина). Реже используют соед., выделяющие CH_2O при термич. разложении или при воздействии др. реагентов, – гексаметилентетрамин (уротропин), параформальдегид, триоксан, диоксолан.

Поликонденсация фенолов с CH_2O – сложный многостадийный экзотермич. процесс, сопровождающийся выделением в качестве побочных продуктов воды и(или) формальдегида.

Основные стадии образования Ф.-ф. с.:

1) Взаимод. CH_2O с фенольными ядрами по активным атомам водорода с образованием фенолов, содержащих гидроксиметильные (метилольные) группы. 2) Конденсация этих групп между собой или с активными атомами водорода фенольных ядер с образованием метиленовых или диметиленоксидных мостиков (см. схему).

Кислотные катализаторы резко ускоряют обе стадии процесса, а основные (щелочные) – только первую стадию, замедляя р-ции конденсации. Повышение т-ры увеличивает скорость всех р-ций, протекающих при образовании Ф.-ф. с.

В зависимости от числа активных атомов водорода в фенольном ядре, молярных соотношений исходных реагентов, скорости и глубины прохождения р-ций могут образовываться многообразные промежут. и конечные продукты, раз-

личающиеся хим. составом и степенью полимеризации x – от мономерных метилолфенолов ($x = 1$) до густосетчатых полиметилен- или полидиметиленоксидфенолов ($x \rightarrow \infty$).

Промежут. мономерные или олигомерные (линейные, разветвленные и циклические) продукты конденсации фенолов с CH_2O , образующиеся на начальных стадиях р-ций при избытке CH_2O ($n \geq 1$) или на любых стадиях при его недостатке ($n < 1$), называются исходными (неотвержденными) Ф.-ф. с. Конечные продукты поликонденсации, образующиеся при избытке CH_2O ($n \geq 1$), являются неплавкими и нерастворимыми густосетчатыми полимерами и называются отвержденными Ф.-ф. с.

Технология получения и переработки Ф.-ф. с. всегда двух- или многостадийная. На первых стадиях осуществляется синтез исходных смол, их хим. модификация или сочетание с др. материалами, а на последних стадиях – превращение их в отвержденные густосетчатые полимеры. При этом возможны (и практически реализуются) два пути синтеза Ф.-ф. с.: 1) при молярном избытке CH_2O ($n \geq 1$) с образованием реакционноспособных (термореактивных) метилолфенолов (ф-ла I и(или) олигомерных метилольных производных ф-л II и III; 2) при недостатке CH_2O ($n < 1$) образуются аналогичные производные, не содержащие метилольные группы и не способные к дальнейшим р-циям поликонденсации без введения дополнит. кол-ва CH_2O или др. реакционноспособных в-в.

Ф.-ф. с., полученные первым путем, называются *резольными смолами*. Их синтез осуществляют в водной среде при т-ре ок. 100 °C в присут. основных катализаторов (гидроксидов Na или Ba, аммиака, реже карбоната Na или аминов), позволяющих прекращать р-ции на промежут. стадиях. Выпускают резольные Ф.-ф. с. в виде водных р-ров или эмульсий (феноло-спиртов), а также в виде твердых продуктов или р-ров в неводных р-рителях (*феноло-формальдегидных лаков*). Отверждение резольных Ф.-ф. с. – продолжение р-ций конденсации метилольных групп при нагр. до 130–200 °C или в присут. кислотных катализаторов – $4\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}$ и H_3PO_4 .

Ф.-ф. с., полученные вторым путем, называются *новолачными* или *термопластичными*. Их обычно синтезируют в водных р-рах CH_2O и фенолов, но (в отличие от резольных смол) в присут. кислотных катализаторов – соляной, серной, фосфорной, толуол- или фенилсульфоновой к-т, реже – к-т Льюиса. Новолачные Ф.-ф. с. синтезируют и в расплавах фенолов, используя вместо CH_2O его производные – параформ, гексаметилентетрамин и др. В пром-сти новолачные Ф.-ф. с. выпускают в виде твердых, плавких продуктов с т-рой каплепадения 70–120 °C. Отверждают их обычно с помощью гексаметилентетрамина, реже параформа (в кол-ве 6–14% по массе) при 150–180 °C, а также изоцианатов, реагирующих с гидроксильными группами. При этом часто используют реакционноспособные (активные) р-рители (напр., фурфурол, фурфуроловый спирт), к-рые участвуют в процессах отверждения.

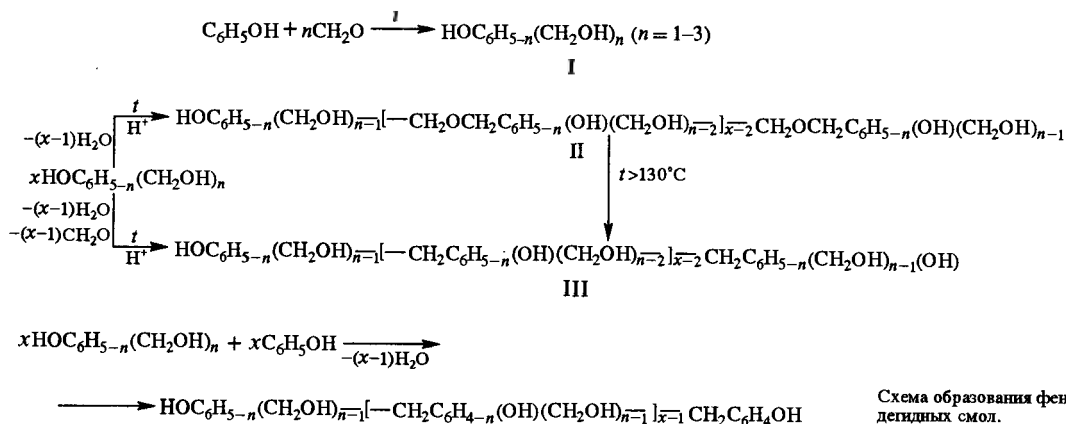


Схема образования феноло-формальдегидных смол.

Специфич. типом новолачных Ф.-ф. с. являются т. наз. ортоноволаки (см. *Новолачные смолы*), обладающие повышенной скоростью отверждения. Ортоноволаки синтезируют обычным путем, но в присут. ацетатов Zn, Mg или Ca в качестве катализаторов.

Резольные и новолачные Ф.-ф. с. в исходном состоянии разнообразны по составу и мол. строению, физ. и хим. св-вам. Обычно они окрашены от светло-желтого до темно-коричневого цвета; их плотность варьирует от 1,14 до 1,27 г/см³. Они хорошо растворяются в водных р-рах щелочей, фенолах, спиртах, кетонах и др. полярных р-рителях. В отвержденном состоянии резольные и новолачные Ф.-ф. с. обладают близкой мол. и надмол. структурой и представляют собой густосетчатые стеклообразные полиметилфенолы с аморфной микрогетерогенной структурой. Они относятся к жестким хрупким тепло- и термостойким полярным полимерам. Ниже приведены нек-рые типичные характеристики отвержденных Ф.-ф. с.:

Плотность, г/см ³	1,25–1,38
Модуль упругости, ГПа	3–5
Удельная энергия роста трещин, Дж/м ²	50–100
Относит. удлинение при разрыве, %	0,4–0,5
Деформационная теплостойкость, °C	140–180
Т-ра начала разрушения, °C	250–300
Температурный коэф. линейного расширения, К ⁻¹	(6–9) · 10 ⁻⁵
Удельная теплоемкость, кДж/(кг · К)	1,2–2,0
Коэф. теплопроводности, Вт/(м · К)	0,12–0,25
Удельное электрич. сопротивление, Ом · см	10 ¹¹ –10 ¹²
Диэлектрич. проницаемость	3,0–5,0
Водопоглощение за 24 ч, %	0,3–0,4

Структура и св-ва отвержденных Ф.-ф. с. зависят от т-ры, скорости и степени отверждения, типа и кол-ва выделяющихся летучих продуктов.

При термич. отверждении новолачных и резольных Ф.-ф. с. возможны образование и превращение *n*-хинонметидных групп —CH=C₆H₄=O, присутствием к-рых объясняется темный цвет этих смол. При использовании аммиака (в качестве катализатора при синтезе резольных смол) и гексаметилентетрамина (в качестве отвердителя новолачных смол) Ф.-ф. с. могут содержать также аминотетраольные (NHCH₂OH), аминотетраольные (CH₂NHCH₂) и азометиновые (CH=N) группы.

Для направленного изменения св-в Ф.-ф. с. на разл. стадиях их получения применяют хим. модификацию и введение модифицирующих, в т. ч. реакционноспособных добавок. Основной способ хим. модификации Ф.-ф. с. — этерификация гидроксильных, фенольных или метилольных групп к-тами и их производными. Напр., в результате этерификации новолачных Ф.-ф. с. эпихлоргидрином получают полифункциональные *эпоксидные смолы*, часто называемые *эпоксиноволачными*. Ф.-ф. с. этерифицируют также с помощью галогенпроизводных углеводородов и хлоридов.

Большое значение для применения Ф.-ф. с. имеет способность гидроксильных и др. ионогенных групп образовывать комплексные соед. с ионами металлов или др. катионами или анионами (см. *Иономеры, Ионообменные смолы*).

Мономерными модифицирующими добавками при синтезе Ф.-ф. с. служат амины и амиды, в первую очередь анилин, меламин, мочевины, дициандиамины, капролактамы, а также активные р-рители, серо-, фосфор-, кремний- и борсодержащие мономеры или олигомеры. В качестве полимерных модифицирующих компонентов используют каучуки, поливинилацетат, полиамиды, поливинилхлорид и др. Для повышения термич. устойчивости отвержденных Ф.-ф. с. применяют спец. добавки (см. *Стабилизация полимеров*) или проводят термообработку при 200–250 °C, в результате чего происходит дополнит. сшивание звеньев смолы. Высокотемпературный пиролиз Ф.-ф. с. (до 1000 °C) приводит к их карбонизации с образованием прочного кокса, обычно не способного к графитизации, а образующего аморфные материалы типа стеклогуглерода при термообработке до 2000 °C.

Ф.-ф. с. используют в качестве связующих и клеев в производстве композиционных материалов на основе древесины и

бумаги (древесно-волоконистых и древесно-стружечных плит, фанеры, гетинаксов), тканей и др. (см. *Композиционные материалы, Клеи синтетические*), связующих литейных и прессовочных материалов конструкционного и функционального назначения (см. *Фенопласты*), теплозвукоизолирующих пенопластов, материалов на основе минер. ваты, формовочных материалов для литейного произ-ва, абразивных и фрикционных материалов, защитных и спец. покрытий, лаков, эмалей, заливочных и пропиточных составов, наполнителей для полимерных материалов (волокон, микросфер), углерод-углеродных композиционных материалов, ионообменных смол, светочувствит. материалов (фоторезистов). Ф.-ф. с. используют в качестве вулканизирующих и упрочняющих добавок в каучуках и резинах, стабилизаторов полимерных материалов, синтетич. дубителей кожи. В последних случаях часто применяют индивидуальные линейные или циклич. олигометилфенолы, к-рые служат также моделями Ф.-ф. с. и основой для матричного синтеза стереорегулярных, пл. обр. биологически активных соединений.

Важнейшие достоинства Ф.-ф. с.: низкая стоимость, доступность исходного сырья, простота технол. процессов синтеза смол и их модификации, высокая смачивающая и пропитывающая способность и р-римость, обеспечивающие возможность сочетания в исходном состоянии практически со всеми материалами, хим. инертность, тепло- и огнестойкость в отвержденном состоянии. Недостатки Ф.-ф. с.: токсичность основных компонентов, используемых при синтезе, и большое кол-во отходов произ-ва, оказывающих вредное воздействие на окружающую среду.

Ф.-ф. с. — первые искусственно полученные форполимеры (1907–1909). Объем их мирового произ-ва 2,5–3,0 млн. т (1989).

Лит.: Силинг М. И., в сб.: *Итоги науки и техники*, сер. *Химия и технологии высокомолекулярных соединений*, т. 11, М., 1977, с. 119–62; Бахман А., Мюллер К., *Фенопласты*, пер. с нем., М., 1978; Кнон А., Шейб В., *Фенольные смолы и материалы на их основе*, пер. с англ., М., 1983. П. Г. Бабаевский.

ФЕНОЛСУЛЬФОКИСЛОТЫ (гидроксibenзолсульфо-кислоты), соед. общей ф-лы НОС₆H₂_{*n*}(SO₃H)_{*n*}. Бесцв. кристаллы, расплывающиеся на воздухе (табл.); содержат, как правило, кристаллизационную воду. Раств. в воде, этаноле, не раств. в орг. р-рителях. Моносульфо-кислоты (*n* = 1) окрашивают р-р FeCl₃ в фиолетовый цвет, ди- и трисульфокислоты — в синевато-красный разл. интенсивности. Наиб. практич. значение имеет фенол-4-сульфо-кислота (4-гидроксibenзолсульфо-кислота).

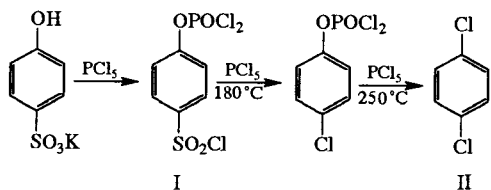
СВОЙСТВА ФЕНОЛСУЛЬФОКИСЛОТ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. пл. нек-рых производных, °C
2-Гидроксibenзол-сульфо-кислота (фенол-2-сульфо-кислота)	174,2	145*	165 (анилиновая соль), 235–245 (К-соль, дигидрат)
3-Гидроксibenзол-сульфо-кислота (фенол-3-сульфо-кислота)	174,2	—	200–210 (К-соль, моногидрат), 314 (Na-соль)
4-Гидроксibenзол-сульфо-кислота (фенол-4-сульфо-кислота)	174,2	138–142	170 (анилиновая соль)
6-Гидроксibenзол-1, 3-дисульфокислота (фенол-2,4-дисульфокислота)	254,24	100 (с разл.)**	205 (анилид)
6-Гидроксibenзол-1, 3,5-трисульфокислота (фенол-2,4,6-трисульфокислота)	334,3	105 (с разл.)	247 (анилид)

* Т. пл. моногидрата. ** Т. пл. тригидрата.

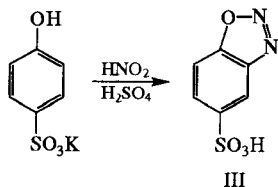
Ф. обладают св-вами *фенолов* и *бензолсульфо-кислот*. Сильные к-ты: для фенол-3-сульфо-кислоты $pK_{a_1} \sim 0,38$, $pK_{a_2} 9,07$, для фенол-4-сульфо-кислоты $pK_{a_1} 0,58$, $pK_{a_2} 8,70$. Легко обра-

зуют соли с щелочными, щел.-зем. и тяжелыми металлами. С HOSO_2Cl или PCl_5 фенол-3-сульфокислота образует сульфохлорид; в случае фенол-2- или фенол-4-сульфокислот реакция идет сначала с образованием фосфата (напр., ф-лы I), а затем дихлорбензола (II):



Фенол-2,4-дисульфокислота и фенол-2,4,6-трисульфокислота с PCl_5 при 140–150 °C образуют соотв. 4-хлорбензол-1,3-дисульфокислоту и 4-хлорбензол-1,3,5-трисульфокислоту.

Под действием минеральных к-т (HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4) фенол-2- и фенол-4-сульфокислоты легко десульфировались. Сплавление Ф. с щелочами приводит к замене сульфогруппы на гидроксил: фенол-2-сульфокислота образует смесь 1,2-, 1,3- и 1,4-дигидроксibenзолов (соотв. пирокатехина, резорцина и гидрохинона), фенол-2,4-дисульфокислота – 3,4-дигидроксibenзолсульфокислоту, фенол-2,4,6-трисульфокислота – 4,5-дигидроксibenзол-1,3-дисульфокислоту, к-рая при кислотном гидролизе превращается в пирокатехин. При действии алкилирующих агентов Ф. образуют соответствующие алкоксibenзолсульфокислоты. Действие Cl_2 на Ф. сопровождается замещением сульфогруппы: напр., взаимод. фенол-2-сульфокислоты с избытком Cl_2 приводит к 2,4,6-трихлорфенолу. Избежать десульфирования удастся лишь при осторожном хлорировании в безводных р-телях, напр. нитробензоле: фенол-4-сульфокислота в этих условиях превращается в 4-гидроксibenзол-2,6-дихлорбензолсульфокислоту. Нитрование фенол-4-сульфокислоты нитрующей смесью при 5–8 °C приводит к 4-гидроксibenзол-2-нитробензолсульфокислоте, в более жестких условиях – к 2,6-динитрофенолу. Фенол-2,4-дисульфокислота нитруется до пикриновой к-ты. При действии HNO_2 в H_2SO_4 Ф. превращаются в диазосоединения, напр. ф-лы III:



В пром-сти Ф. получают сульфированием фенола: его взаимод. с эквивалентным кол-вом H_2SO_4 (моногидрата) при т-ре ниже 100 °C приводит к смеси фенол-2- и фенол-4-сульфокислот (соотношение 2:3), с конц. H_2SO_4 при 110 °C в течение 5–6 ч – к фенол-4-сульфокислоте (выход 95%), с олеумом – к фенол-2,4-ди- и фенол-2,4,6-трисульфокислотам. Фенол-3-сульфокислоту получают сплавлением бензол-1,3-дисульфокислоты с NaOH при 250 °C в автоклаве (выход 78%); др. методы получения – диазотирование 3-аминобензолсульфокислоты с послед. нагреванием диазониевой соли с разб. H_2SO_4 .

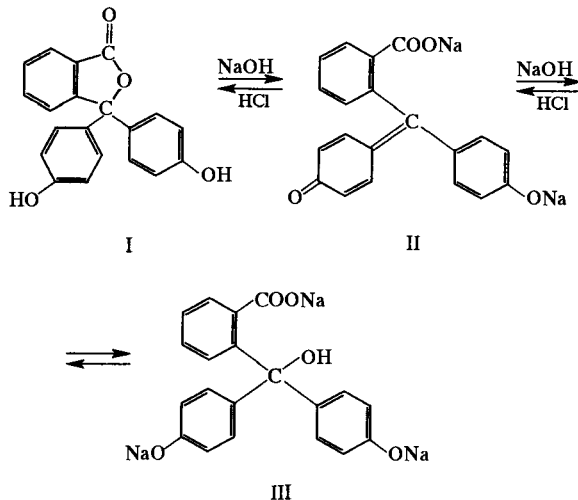
Ф.– промежут. продукты в произ-ве разл. красителей для ткани и кожи, компоненты резиновых клеев, лек. ср-в. Раздражают слизистые оболочки дыхат. путей и глаз.

Лит.: Ворожцов Н.Н., Основы синтеза промежуточных продуктов и красителей, 4 изд., М., 1955; Сингху О., Химия органических соединений серы, пер. с япон., М., 1975; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 18, Weinheim, 1979, S. 235–37. С. И. Диденко.

ФЕНОЛФТАЛЕИН [3,3-бис-(4-гидроксифенил)фталид], ф-ла I, мол. м. 318,3; бесцв. кристаллы, т. пл. 277–279 °C (с разл.); раств. в этаноле и диэтиловом эфире, плохо раств. в во-

де. При сплавлении Ф. с NaOH образуется 4,4'-дигидроксibenзофенон, при нагр. с конц. H_2SO_4 – фенол и 2-гидроксibenзотрахинон. Получают Ф. сплавлением фенола с фталевым ангидридом при 105–110 °C в присут. ZnCl_2 .

Ф.– кислотно-основной индикатор (интервал перехода окраски при pH 8,2–9,8). При растворении Ф. в разб. р-рах щелочей он приобретает пурпурный цвет (соед. II) и обесцвечивается при прибавлении к-ты, а также в сильно щелочном р-ре (соед. III):



Под назв. «пурген» Ф. применяют в медицине в качестве слабительного ср-ва (обладает кумулятивными св-вами, может оказывать раздражающее действие на почки).

Лит.: Бейтс Р., Определение pH. Теория и практика, пер. с англ., 2 изд., Л., 1972, с. 126.

ФЕНОЛЫ, ароматич. соед., содержащие в молекуле одну или неск. гидроксильных групп, связанных с атомами углерода ядра. По кол-ву ароматич. ядер различают собственно Ф., *нафтолы* (2 конденсированных ядра), *антролы* (3 ядра), *фенантролы* (4), *бензотетролы* (5), по числу гидроксильных групп в молекуле – одно-, двух-, трех- и многоатомные Ф. Простейший Ф.– гидроксibenзол ф-лы $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ наз. *фенолом*, 1,2-, 1,3- и 1,4-гидроксibenзолы наз. соотв. *пирокатехином*, *резорцином* и *гидрохиноном*; 1,2,3-, 1,2,4- и 1,3,5-тригидроксibenзолы – соотв. *пирогаллолом*, *гидроксигидрохиноном* и *флороглюцином*.

Св-вами Ф. обладают также гетероароматич. соед., содержащие гидроксильные группы, напр. гидроксипиридины.

Ф. и их производные содержатся в древесине, торфе, буре и кам. углях, нефтяных остатках. В живой природе Ф., гл. обр. в виде производных, присутствуют в клетках растений (флавоноиды, танины, антоцианы, лигнин, меланины, гуминовые к-ты и др.); в своб. состоянии встречаются редко: фенол – в иглах и шишках сосны, лишайниках; пирокатехин – в чешуе лука, плодах грейпфрута; флороглюцин – в шишках секвойи, коре яблони и слив; гидрохинон – в листьях и семенах груши; тимол (3-гидроксibenзол-4-изопропилтолуол) – в листьях тимьяна.

Ф.– бесцв. или окрашенные кристаллы либо аморфные в-ва; часто имеют сильный характерный запах. Нек-рые св-ва незамещенных Ф. приведены в табл.

Ф.– слабые к-ты, причем их кислые св-ва усиливаются при введении в молекулу электроотрицат. заместителей. Ф. хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, ацетоне, ограниченно – в бензоле, воде. Перегоняются с водяным паром.

В ИК спектрах Ф. характеристич. полосы поглощения валентных колебаний групп OH (ν_{OH}) лежат в области частот 3390–3600 cm^{-1} ; при сопряжении с карбонильной группой ν_{OH} снижается на 350–500 cm^{-1} . В УФ спектрах области поглощения 210 (ϵ 6200) и 270 (ϵ 1450) нм.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФЕНОЛОВ

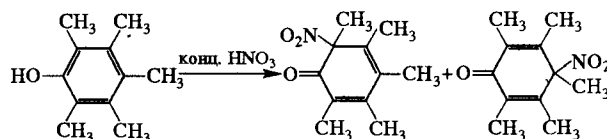
Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	pK_a (25 °С, вода)	Р-римость в воде, % по массе
Фенол	94,11	40,8	181,8	9,98	8, 2 (20 °С)
Пирокатехин	110,11	105	240	9,25	31,1 (20 °С)
Резорцин	110,11	110	280,8	9,20	63,7 (20 °С)
Гидрохинон	110,11	173,8	286,5	9,91	6,7 (20 °С)
Пирогаллол	126,11	132,5	309	—	38,5 (25 °С)
Гидроксигидро- хинон	126,11	140,5	—	—	—
Флороглюцин	126,11	223	возг.	—	1,12 (20 °С)
1-Нафтол	144,17	96,1	288	1,4	0,07 (21 °С)
2-Нафтол	144,17	122	295	—	—
2,7-Дигидро- ксинафталин	160,11	194	—	—	—
2-Гидроксифе- нил	170,21	50	285,7	—	—
4-Гидроксифе- нил	170,21	63	319	—	—
2,2'-Дигидро- ксифенил	186,21	109	324,6	—	—
2,2'-бис-(4-Гид- роксибензил)- пропан	228,3	157	252/13 мм рт. ст.	—	—
1-Антранол	194,2	152	разл.	—	Трудно раств.
1-Фенантрол	194,2	105–106	—	—	—

Ф. вступают в р-ции как по гидроксильной группе, так и по ароматич. кольцу. Легко раств. в р-рах щелочей МОН с образованием солей – фенолятов ф-лы $ArOM$; исключение составляют т. наз. пространственно-затрудненные *алкилфенолы*. Как и спирты, Ф. образуют эфиры: простые – с алкилгалогенидами или диалкилсульфатами и сложные – с хлорангидридами к-т; мн. эфиры обладают приятным запахом и используются в парфюмерии, напр. *анизол*. Замена группы ОН на NH_2 происходит при действии на Ф. при повышенной т-ре NH_3 и солей аммония, а также NH_3 в водных р-рах гидросульфитов щелочных металлов (р-ции Бухерера).

Замещение гидроксильной группы на водород в Ф. происходит под действием $LiAlH_4$, а также при гидрировании при 325–400 °С и повышенном давлении в присут. $Al-$, $Co-$ и $Mo-$ катализаторов. Гидрирование при т-рах 150–250 °С в присут. $Ni-$ и $Rd-$ катализаторов в жидкой фазе приводит гл. обр. к алициклич. спиртам.

С наличием в молекуле Ф. группы ОН – сильного *орто-пара*-ориентанта – связана легкость электроф. замещения атомов Н ядра при галогенировании, нитровании, сульфировании и алкилировании. Галогенирование Ф. осуществляют как действием своб. галогенов (за исключением F_2), так и с использованием др. реагентов (напр., $SiCl_4$ в ДМФА или $CHCl_3$, *трет*-бутилгипохлорита, *N*-бромсукцинимид). Фторфенолы обычно получают из диазониевых солей гидроксиаренов обработкой фтороборной к-той с послед. термич. разложением образовавшегося продукта (*Шимана реакция*). В пром-сти монохлорфенолы получают хлорированием Ф. Cl_2 или $SOCl_2$, ди-, три- и пентахлорзамещенные – прямым хлорированием в присут. $AlCl_3$, $FeCl_3$ или $SbCl_5$ (см. *Хлорфенолы*).

Нитрование Ф. разб. HNO_3 идет с образованием смеси *орто*- и *пара*-мононитропроизводных; катализатор р-ции – нитрит щелочного металла. Другие нитрующие агенты – ацетилнитрат, N_2O_4 и его комплекс с BF_3 . Нитрование Ф. конц. HNO_3 или нитрующей смесью приводит обычно к смеси ди- и тринитропроизводных (см. *Нитрофенолы*). Полиалкил- или полигалогенфенолы в аналогичных условиях часто превращаются в смесь нитроциклогексанидинов, напр.:



Сульфирование Ф. H_2SO_4 при низкой т-ре протекает с образованием *орто*- и *пара*-сульфопроизводных, сульфирование олеумом при повышенной т-ре – с образованием смеси ди- и трисульфопроизводных (см. *Нафтолсульфокислоты*, *Фенолсульфокислоты*). Ф. легко алкилируются алкилгалогенидами, спиртами или олефинами по *Фриделя – Крафта реакции* в присут. к-т Льюиса ($AlCl_3$, $ZnCl_2$, BF_3 , $SnCl_4$); при алкилировании олефинами в качестве катализатора часто используют конц. H_2SO_4 и катионообменные смолы. Др. катализаторы алкилирования Ф. – оксиды металлов (напр., Al_2O_3), металлы (Cu , Zn , Cr , Fe , Pb , Mo , W , Al), иногда – алифатич. эфиры бензолсульфокислот.

При действии CO_2 на феноляты происходит карбоксилирование Ф. по *Кольбе – Шмитта реакции* с образованием ароматич. гидроксикислот. Формилирование осуществляют действием на Ф. в щелочной среде $CHNaO_2$ по *Раймера – Тимана реакции*; продукты р-ции – ароматич. *орто*-гидроксикальдегиды. Многоатомные Ф. или их эфиры обычно ацилируют действием нитрилов или HCN в присут. HCl и катализатора ($ZnCl_2$, $FeCl_3$, $CoCl_2$, $AlCl_3$ и др.) по *Хейса реакции*.

Ф. легко конденсируются с карбонильными соед. в присут. кислотных или основных катализаторов, напр.:



Конденсация Ф. с альдегидами приводит к *феноло-альдегидным смолам* (см. также *Резольные смолы*, *Резорцино-альдегидные смолы*, *Феноло-формальдегидные смолы*).

Окисление Ф. окислителями может осуществляться по разл. механизмам с образованием разнообразных соединений. Окисление Ф. в бескислородной среде под действием $K_3[Fe(CN)_6]$, PbO_2 , Ag_2O и др. приводит к образованию *ароксильных радикалов*, стабильность к-рых зависит от кол-ва и строения алкильных заместителей в ароматич. ядре. Одноатомные Ф. под действием O_2 воздуха или $K_2S_2O_8$ (по *Эльбса реакции*) превращаются в двухатомные, к-рые в свою очередь под действием I_2 , Ag_2O и др. легко превращаются в *орто*- и *пара*-хиноны. При этом первой стадией окисления является образование *орто*- или *пара*-семихинонных радикалов (см. *Семихиноны*).

В биол. объектах Ф. участвуют в окислит.-восстановит. р-циях обмена в-в, включая фотосинтез у растений. Являются регуляторами процессов жизнедеятельности, оказывая как ингибирующее, так и стимулирующее действие.

Ф. выделяют из продуктов переработки твердых топлив или из растит. сырья. Существуют также многочисленные пром. синтетич. методы получения Ф.: окисление ароматич. углеводородов и циклоалканов, гидролиз арилгалогенидов, щелочное плавление ароматич. сульфокислот. Лаб. способы получения – гидролиз ароматич. аминов и простых алкилариловых эфиров, а также из солей диазония.

Для качеств. определения Ф. используют цветные р-ции с солями тяжелых металлов, напр. с $FeCl_3$ фенол, резорцин и α -нафтол дают интенсивное фиолетовое окрашивание: крезолы, 2,4-ксиленол, гидрохинон – синее, β -нафтол и пирокатехин – зеленое. В качестве реагентов для обнаружения Ф. используют диазосоединения, 4-аминоантипирин, $NaNO_2$, молибдат и ванадат аммония.

Ф. применяют в произ-ве разл. феноло-альдегидных смол, *полиамидов*, *полиарилатов*, полиарилсульфонов, *эпоксидных смол*, антиоксидантов, бактерицидов и пестицидов (напр., нитрафен). Алкилфенолы используют в произ-ве ПАВ, стабилизаторов и присадок к топливам. Двухатомные Ф. и их производ-

ные входят в состав дубителей для кожи и меха, модификаторов и стабилизаторов резин и каучуков, применяются для обработки кино- и фотоматериалов. В медицине Ф. и их производные используют в качестве антимикробных (фенол, резорцин), противовоспалительных (салол, осарсол), спазмолитических (адриналин, папаверин), жаропонижающих (аспирин, салициловая к-та), слабительных (фенолфталеин), адренолитических (мезатон), вяжущих (танины) и др. лек. ср-в, а также витаминов Е и Р.

Мировой объем произ-ва Ф. ок. 5 млн. т в год (1985), в наиб. кол-вах производят фенол, двухатомные фенолы, нафтолы, бисфенол А.

Лит.: Бюлер К., Пирсон Д., *Органические синтезы*, пер. с англ., ч. 1, М., 1973, с. 281-324; Харлампович Г.Д., Чурки Ю.В., *Фенолы*, М., 1974; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 2, М., 1982, с. 175-289; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 17, N. Y., 1984, p. 373-83.

И.Д. Синович, Г.П. Павлов.

ФЕНОЛЬНЫЕ СМОЛЫ, то же, что *феноло-альдегидные смолы*.

ФЕНОПЛАСТЫ (фенольные пластики, ФП), реактопласты на основе *феноло-формальдегидных смол*. По типу смолы различают новолачные и резольные Ф. Получаются отверждением при повышенных т-рах смол, содержащих наполнители, отвердители (для новолачных Ф.), катализаторы отверждения (для резольных Ф.), пластификаторы, смазывающие в-ва (напр., олеиновая или стеариновая к-та, стеараты Са, Ва или Сд, стеарин), аппретирующие добавки, красители. По типу наполнителя подразделяются на дисперсно-наполненные и армированные Ф.

Физ.-мех. и др. эксплуатац. св-ва Ф. колеблются в широких пределах в зависимости от типа связующего и наполнителя; напр., ударная вязкость изменяется от 2-6 кДж/м² (для дисперсно-наполненных Ф.) до 50-100 кДж/м² (для армированных Ф.). Плотн. 1,1-3 г/см³, теплостойкость по Мартенсу 100-300 °С.

Дисперсно-наполненные Ф. в качестве наполнителей содержат древесную, кварцевую или слюдяную муку, микроасбест, измельченный графит, кокс, каолин, стекловолокно, металлич. порошки, стеклянные и металлич. микросферы и др. Новолачные Ф. чаще всего имеют след. состав (% по массе): смола 42-50, наполнитель 35-45 (в т. ч. каолин 4-5), отвердитель (гл. обр. гексаметиленотетрамин) 6-9, СаО или MgO 1,0, стеарин или стеарат кальция 1-2, краситель 1-2. В состав резольных Ф. обычно входят: смола 35-50, наполнитель 40-60, отвердитель гексаметиленотетрамин 1-2,5, катализатор отверждения [NaOH, Ba(OH)₂, MgO], олеиновая к-та, краситель по 1-2. Безаммиачные Ф. гексаметиленотетрамин не содержат.

Высоконаполненные Ф. содержат свыше 80% наполнителя, напр. графита (т. наз. антегмит - см. *Графитопласты*), кварцевого песка, зернистого абразива (электрокорунд, алмаз и др.).

Получают дисперсно-наполненные Ф. совмещением связующего с наполнителем в разл. смесителях с послед. отверждением. Наиб. распространены сухоvalьцовый, шнековый и эмульсионный методы получения. Если расплав смолы хорошо смачивает наполнитель и совмещается с остальными компонентами, то применяют сухоvalьцовый и шнековый методы. В этом случае все компоненты предварительно смешивают в шаровых мельницах, лопастных или шнековых смесителях; полученную смесь валцуют или обрабатывают на шнековых машинах при повышенных т-рах.

При эмульсионном методе получения Ф. связующее применяют в виде р-ра или эмульсии, что обеспечивает лучшую пропитку наполнителя. Компоненты смешивают в двухлопастных вакуумных смесителях, смесь сушат в полочных вакуумных сушилках или в ленточных сушилках непрерывного действия; после охлаждения массу измельчают в пресспорошок.

Армированные Ф. в качестве наполнителей содержат волокна растит. происхождения, асбестовое волокно, стекловолокно, синтетические (гл. обр. полиамидные и полиэфирные) и углеродные волокна (см. *Волокниты*), бумагу (см. *Гетинакс*), тканые и нетканые волокнистые полотна (см. *Текстолиты*), древесный шпон (см. *Древесные слоистые пластики*). Получают армированные Ф. гл. обр. путем пропитки связующим волокнистых наполнителей. Т. наз. спутанно-волокнистые Ф. (волокнит, стекловолокнит, органоволокнит) получают пропиткой отрезков волокон длиной 40-70 мм р-ром связующего в лопастных смесителях; распушивают их на раздирающей машине до получения однородного материала и сушат для удаления р-рителя. Армированные Ф. могут быть получены и в т. наз. гранулированном виде; осн. стадии процесса - пропитка непрерывных волокон или жгутов р-рами связующих, сушка и разрезка на гранулы длиной приблизительно 5-6, 10, 20 и 30 мм; диаметр гранул в зависимости от числа в них нитей 0,5-8,0 мм. Такие Ф. отличаются хорошей сыпучестью; полученные из них изделия характеризуются большей стабильностью мех. св-в, чем из спутанно-волокнистых Ф. Получение гетинакса, текстолита, стеклотекстолита и асбестотекстолита обычно совмещают с прессованием изделий в виде слоистых пластиков. Процесс получения включает пропитку бумаги, тканей или нетканых волокнистых полотен р-ром или эмульсией связующего, удаление р-рителя (сушка полотна), разрезку пропитанного полотна на заготовки, сборку пакега из неск. слоев материала и прессование. Пропитку наполнителя и удаление р-рителя обычно производят в пропиточной машине, соединенной с вертикальной сушильной шахтой. Прессование листов производят на гидравлич. этажных прессах под давлением 8-15 МПа при 150-160 °С.

Осн. методы переработки Ф. - прессование и литье под давлением (см. *Полимерных материалов переработка*); др. способы - контактный метод, намотка, напыление и т. п. с послед. отверждением изделий при постепенном повышении т-ры.

Дисперсно-наполненные Ф. выпускают под торговыми назв.: антегмит и фенопласт (СНГ), кемопласт (США), баскоур, тролитан и пластодур (Германия), бакелит и флуосит (Италия), формолит и моулденсит (Великобритания); армированные - под торговыми назв.: волокнит, АГ-4В, АГ-4С, ДСВ, ГСП, гетинакс, текстолит, асбестотекстолит и стеклотекстолит (СНГ), хейвег, фэбрикон и текстолит (США), пресскотон, тролитакс и дуротон (Германия), фарболит и пэксолин (Великобритания), геделит и турнерон (Франция), кобелит и рихелит (Япония) и др.

Применяют Ф. во всех отраслях промышленности в качестве материалов конструкций, электротехн., фрикц. и антифрикц. назначения. Мировое произ-во более 6 млн. т (1989).

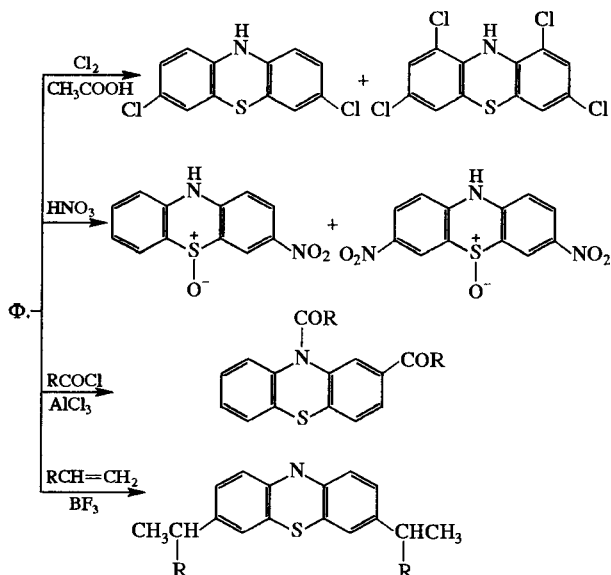
Лит.: Пластики конструктивного назначения. (Реактопласты), под ред. Е.Б. Тростянской, М., 1974; *Энциклопедия полимеров*, т. 3, М., 1977; *Машины для автоматизированного производства деталей из реактопластов*, М., 1990.

А.Д. Соколов.

ФЕНОТИАЗИН (дибензо-1,4-тиазин), мол. м. 199,3; желтые кристаллы; т. пл. 185,5-189 °С, т. кип. 371 °С (с разл.), 290 °С/40 мм рт. ст.; возгоняется, летуч с водяным паром. Хорошо раств. при нагр. в этаноле, уксусной к-те, плохо - в диэтиловом эфире и бензоле. В холодной H₂SO₄ раств. с выделением SO₂; при нагр. с металлич. Си отщепляет серу, образуя карбазол.

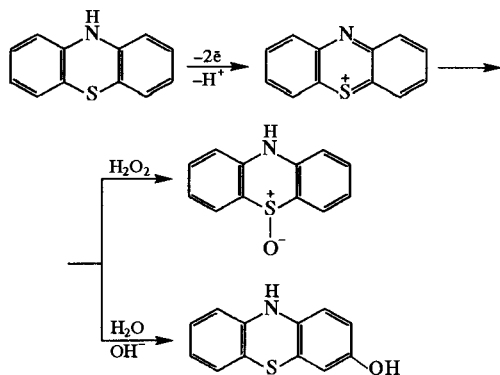
Ф. обладает св-вами *ароматических соединений*. Является хорошим донором электронов и с разл. акцепторами образует комплексы с переносом заряда. Легко вступает в электроф. замещение, к-рое направляется в первую очередь в положения 3 и 7 и часто сопровождается окислением; ацилирование направляется в положения 2 и 10, напр.:





Бромирование Ф. в нитробензоле протекает с образованием 1,2,3,7,8,9-гексабромпроизводного, аналогичное хлорирование – с образованием продукта глубокого (до 11 атомов Cl) хлорирования и потерей ароматичности одного из колец.

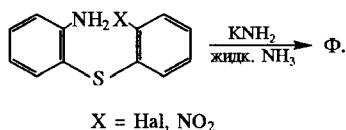
Окисление Ф. действием H_2O_2 или KMnO_4 приводит к фенотиазин-5-оксиду или фенотиазин-5,5-диоксиду. Р-ции протекают в виде последоват. стадий с промежут. образованием катиона, в к-ром положение 3 чувствительно к атаке нуклеоф. реагентов, напр.:



Окисление Ф. FeCl_3 в присут. NaNO_2 приводит к 3-нитрофенотиазину.

Ф. обнаруживают с помощью цветных р-ций с окислителями – он дает зеленую окраску с FeCl_3 и красную – с H_2O_2 в кислой среде.

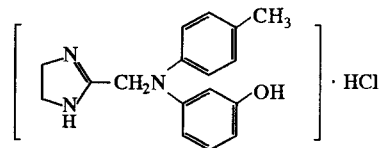
Ф. получают нагреванием дифениламина с S при 180–250 °С в высококипящих р-рителях в присут. I_2 или AlCl_3 . Общий метод получения Ф. и его производных – циклизация 2'-замещенных производных 2-аминодифенилсульфида в присут. сильных оснований:



Ф. используется в качестве инсектицида, антигельминта, антиоксиданта смазочных масел; производные Ф. – красители (см. Азиновые красители, Метиленовый голубой), лек. ср-ва (аминазин, диэтиазин, прометазин, этопропазин и др.), ингибиторы полимеризации.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 568–91; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 627–35. Г. А. Швейцгеймер, В. И. Келарев.

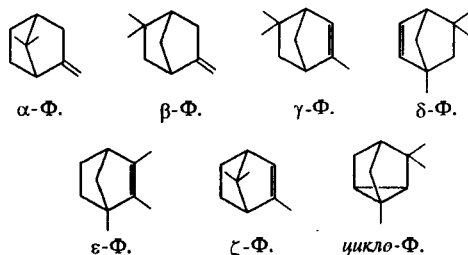
ФЕНТОЛАМИН {гидрохлорид 2-[N-(4-толил)-N-(3-гидроксифенил)аминометил]имидазолина, регитин}, мол. м. 317,81; бесцв. кристаллы; т. пл. 238–242 °С; плохо раств. в воде и этаноле, хорошо – в хлороформе и диэтиловом эфире. Получают р-цией *п*-толуидина с резорцином с последующим взаимодей. образовавшегося 3-(4-толуидино)фенола с 2-хлорметил-Δ²-имидазолином.



Ф. относится к α-адреноблокаторам. Блокирует постсинаптит. α₁- и пресинаптит. α₂-адренорецепторы и следовательно – передачу адренергич. сосудосуживающих импульсов, что приводит к устранению спазмов периферич. сосудов, снижению артериального давления. Применяют Ф. как сосудорасширяющее ср-во при расстройствах периферич. кровообращения, а также при феохромоцитоме.

Г. Я. Шварц.

ФЕНХЕНЫ, бициклич. терпены состава $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$, мол. м. 136,23. Существуют 7 структурных изомеров, каждый из к-рых может иметь оптич. изомеры (см. ф-лы, одной черточкой обозначены группы CH_3 , двумя – CH_2). Ф. – бесцв. летучие



жидкости с камфорным запахом; хорошо раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде (св-ва см. в табл.). Содержатся в малых кол-вах (1–2%) во мн. эфирных маслах, в масле *Citrus ladani-fegus* – 10–12%, в качестве примеси в техн. камфене. Ф. легко окисляются на воздухе; при нагр. в присут. кислотных катализаторов изомеризуются и частично полимеризуются; присоединяют по двойной связи галогены, галогеноводороды, NOCl ,

СВОЙСТВА ФЕНХЕНОВ

Соединение	Т. кип., °С	d_4^{20}	n_D^{20}	$[\alpha]_D^{20}$
α-Ф. (7,7-диметил-2-метиленилбицикло[2.2.1]гептан)	156–158	0,869	1,4724 ^а	± 32,1°
β-Ф. (2,2-диметил-5-метиленилбицикло[2.2.1]гептан)	150–153	0,8591	1,4645 ^а	± 62,9°
γ-Ф. (2,5,5-триметилбицикло[2.2.1]гепт-2-ен)	145–147	0,8547	1,4607	± 45,6°
δ-Ф. (1,5,5-триметилбицикло[2.2.1]гепт-2-ен)	139–140	0,8381	1,4494	± 68,8°
ε-Ф. (1,2,3-триметилбицикло[2.2.1]гепт-2-ен)	152,7–153,3	0,8567	1,4635	± 0,0°
ζ-Ф. (2,7,7-триметилбицикло[2.2.1]гепт-2-ен)	146–146,8 ^б	0,8626	1,4685	± 24,1°
цикло-Ф. (1,3,3-триметилтрицикло[2.2.1.0 ^{2,6}]гептан)	143–143,5 ^в	0,8603	1,4515	± 0,9°

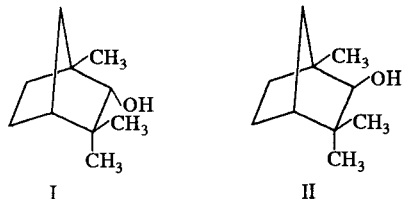
^а При 19 °С; ^б при 752 мм рт. ст.; ^в при 748 мм рт. ст.

N_2O_5 ; гидратируются с образованием *фенхола* и его изомера – *изофенхола*.

Последние используют для получения Ф.

Л. А. Хейфиц.

ФЕНХОЛ (фенхильовый спирт, 1,3,3-триметилбиккло[2.2.1]гептан-2-ол), мол. м. 154,25. Известны α -Ф. (эндо-форма, ф-ла I) и β -Ф. (экзо-форма, II), каждый из к-рых существует в виде оптич. изомеров. α -Ф. – бесцв. или желтова-



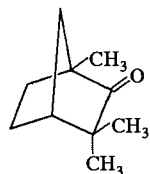
тые кристаллы с запахом камфоры с цитрусовой нотой; т. пл. 48 °С, т. кип. 200–201 °С; d_4^{20} 0,9641; $[\alpha]_D^{20} \pm 11,5^\circ$ (в этаноле); производные: гидрофталат, т. пл. 146 °С, *n*-нитробензоат, т. пл. 108 °С; фенилуретан, т. пл. 82 °С. β -Ф. – жидкость с неприятным плесневым гнилостным запахом; т. пл. 5–6 °С, т. кип. 200–201 °С; d_4^{20} 0,9630; $[\alpha]_D^{20} +24,0^\circ$ (в этаноле); производные: гидрофталат, т. пл. 154 °С, *n*-нитробензоат, т. пл. 82 °С; фенилуретан, т. пл. 90 °С. Ф. раств. в этаноле и др. орг. р-рителях, слегка раств. в воде. Содержится в нек-рых эфирных маслах и скипидаре. Окисление α - и β -Ф. приводит к фенхону, дегидратация – к фенхенам. Образуется Ф. при гидратации пиненов, в виде примеси присутствует в техн. изоборнеоле (в произ-ве камфоры). Ф. в виде смеси α - и β -форм м. б. получен восстановлением фенхона или выделен фракционированием из экстракт. скипидара. Ф. подавляет активность мн. микроорганизмов, ограниченно применяется как р-ритель и компонент нек-рых искусств. эфирных масел.

Для α -Ф. т. всп. 73 °С; ЛД₅₀ 5 г/кг (крысы или кролики, перорально).

Существует также структурный изомер Ф. – *изофенхол* (изофенхильовый спирт, 1,3,3-триметилбиккло[2.2.1]гептан-6-ол), т. кип. 89 °С/15 мм рт. ст.

Л. А. Хейфиц.

ФЕНХОН (1,3,3-триметилбиккло[2.2.1]гептан-2-он), мол. м. 152,24; маслянистая жидкость с камфорным запахом и горьким вкусом; т. пл. 5–6 °С, т. кип. 193,5 °С, 82 °С/3 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,9448–0,9465; n_D^{20} 1,4623; $[\alpha]_D \pm 66,9^\circ$ (без р-рителя), $\pm 72^\circ$ (в этаноле); раств. в этаноле и диэтиловом эфире, не раств. в воде. Производные: оксим, т. пл. 164–165 °С [для (+) и (–)-Ф.], 158–160 °С [для рацемата]; семикарбазон, т. пл. 186–187 °С [для (+)-Ф.], 172–173 °С [для рацемата]; гидразон, т. пл. 56–57 °С [для (+) и (–)-Ф.]. Ф. содержится в анисовом, фенхельном, укропном, туйевом и др. эфирных маслах. Устойчив к окислению; восстановление Na в спирте приводит к смеси α - и β -фенхолов; с Br_2 образует б-бромфенхон. Не реагирует с $NaHSO_3$ и фенилгидразином. Выделяют Ф. из эфирных масел. Сильный антисептик; компонент нек-рых искусств. эфирных масел; м. б. использован как пластификатор при получении пластмасс из нитроцеллюлозы.



Т. всп. 52 °С, ЛД₅₀ 6,16 г/кг (крысы, перорально).

Л. А. Хейфиц.

ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА, основаны на использовании хим. р-ций с участием ферментов. О содержании определяемого компонента судят либо по кол-ву конечного продукта ферментативной р-ции, либо, чаще, по начальной скорости процесса, положенного в основу методики определения (см. *Кинетические методы анализа*). Для наблюдения за скоростью ферментативной р-ции применяют обычно инструментальные методы, чаще других – люминесцентные, спектрофотометрич., электрохимические. Достоинства Ф. м. а.: высокая чувствительность, обусловленная активностью ферментов, природой индикаторных р-ций (с помощью к-рых определяют в-во) и способами детекции анализ. сигнала;

высокая селективность и мягкие условия проведения анализа.

Определяемым компонентом в Ф. м. а. могут быть субстраты (в-ва, превращение к-рых катализирует фермент), сами ферменты, *коферменты* (в-ва, необходимые для осуществления каталитич. действия фермента) и *эффекторы* (соед., изменяющие каталитич. активность фермента – активаторы, ингибиторы). Среди коферментов – НАД и НАДН (соотв. никотинамидадениндинуклеотид и его восстановленная форма), НАДФ и НАДФН (соотв. никотинамидадениндинуклеотидфосфат и его восстановленная форма), АТФ (аденозинтрифосфат) и др.

Предел обнаружения, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний компонентов зависят от кинетич. характеристик используемой индикаторной ферментативной р-ции и, прежде всего, каталитич. активности фермента.

Фермент катализирует р-ции, в к-рых участвуют, как правило, один или два субстрата. В односубстратной р-ции концентрация субстрата $[S]_0$ пропорциональна скорости процесса v_0 только при условии $[S]_0 \ll K_M$, где K_M – константа Михаэлиса. Следовательно, верхняя граница определяемых содержаний лимитируется, как правило, величиной K_M . Предел обнаружения и ниж. граница анализируемых содержаний субстрата определяются обычно той величиной v_0 , к-рая м. б. зафиксирована выбранным инструментальным методом. Чем меньше величина v_0 и чем выше каталитич. константа скорости $k_{кат}$ и концентрация $[E]_0$ фермента, тем ниже предел обнаружения и нижняя граница определяемых содержаний субстрата. Для двусубстратных р-ций при определении субстрата S_1 субстрат S_2 берется в насыщенных концентрациях и двусубстратная р-ция сводится к односубстратной.

В случае обратимого неконкурентного ингибирования фермента ингибиторы I, взаимодействуя с ферментом, образуют каталитически неактивные комплексы EI. Для ингибиторов этого типа верхняя граница определяемых содержаний лимитируется величиной $K_I = \frac{[E]}{[E]I}$; предел обнаружения и нижняя граница определяемых содержаний зависят также и от концентрации фермента. Такие же зависимости сохраняются и при определении обратимых активаторов ферментов.

В случае необратимого ингибирования ферментативных р-ций ниж. граница определяемых содержаний ингибитора зависит от времени ингибирования. Если значение константы скорости этого процесса $k_{ин}$ невелико, относит. уменьшение активности фермента зависит от длительности процесса ингибирования. При достаточно больших $k_{ин}$ временной зависимостью можно пренебречь, тогда относит. уменьшение активности фермента пропорционально концентрации ингибитора: $\Delta[E] = n[I]$, где n – число молекул ингибитора, взаимодействующего с одной молекулой фермента.

В Ф. м. а. часто используют системы, состоящие из нескольких сопряженных р-ций, катализируемых разл. ферментами. Так, напр., в случае системы из двух р-ций продукты первой ферментативной р-ции являющиеся субстратами для второй ферментативной р-ции (индикаторной), что позволяет повысить чувствительность определения того или иного соед. и при необходимости изменить способ детекции. Так, напр., для определения глюкозы применяют р-цию ее окисления кислородом воздуха до глюконовой к-ты и H_2O_2 , катализируемую глюкозооксидазой. Для контроля за скоростью процесса используют электрохим. методы, наблюдая за уменьшением кол-ва кислорода в р-ре с помощью O_2 -чувствительного электрода Кларка или измеряя рН р-ра. Миним. содержание глюкозы, к-рое можно определять этими способами детекции, 0,01–0,03 мМ. Применяя биферментативные сопряженные р-ции для определения глюкозы, контролируют кол-во образовавшегося H_2O_2 , напр. по р-ции окисления пероксидом водорода в присут. пероксидазы *о*-дианизидина (3,3'-диметоксибензидина) с образованием окрашенного в-ва или люминола с образованием люминесцирующего соединения. Спектро-

фотометрич. или люминесцентный методы контроля позволяют определять содержание глюкозы соотв. 2 мкМ и 20 нМ.

Как правило, чувствительность определения ферментов, коферментов и эффекторов выше, чем чувствительность определения субстратов. Напр., возможно определение 0,001 пМ содержания АТФ, 0,1 нМ ионов Hg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , 0,1 мкМ тиомочевины и меркаптоэтанола. Однако ряд субстратов определяют также при очень малых содержаниях, особенно при хеми- или биolumинесцентной (см. ниже) регистрации аналит. сигнала: 0,1 нМ H_2O_2 , 0,01 нМ мочевины. Чувствительность определения мн. в-в Ф. м. а. часто более высока, чем чувствительность определения этих же компонентов любыми др. методами.

Высокая селективность Ф. м. а. обусловлена образованием фермент-субстратного комплекса в процессе каталитич. акта, требующим структурного соответствия активного центра фермента и субстрата. Поэтому большинство ферментов активно только в р-циях с субстратом одного определенного типа или с группой субстратов, имеющих общие структурные группы. Напр., фермент глюкозооксидаза катализирует окисление практически только одного вида глюкозы – β -D-глюкозу, к-рую можно определять без разделения сложной смеси моно- или олигосахаридов. В данном случае проявляется субстратная специфичность фермента.

Групповую специфичность можно наблюдать в случае действия альдегидоксидазы в р-циях превращения алифатич. альдегидов. Значительно менее селективны методы определения эффекторов, т. к. обычно имеется группа разл. соед., в той или иной степени меняющих каталитич. активность данного фермента. Однако селективность определения эффекторов м. б. и очень высокой. Так, очень малые кол-ва руты (10 пМ) можно определять по ее ингибирующему действию на пероксидазу хрена на фоне тысячekратных кол-в Вi и Сd и значительно больших кол-в мн. неорг. и орг. в-в.

Использование иммобилизованных ферментов. Недостатки Ф. м. а. обусловлены рядом особенностей ферментов: потерей функциональной активности и стабильности ферментов под воздействием разл. факторов; высокой стоимостью из-за невозможности многократного использования растворимых ферментов и трудности их выделения и очистки. Применение *иммобилизованных ферментов* расширило возможности Ф. м. а. Более высокая стабильность и возможность многократного использования иммобилизованных ферментов позволили снизить стоимость анализов, повысить экспрессность, проводить хим. анализ в потоке и автоматизировать ферментативные методы. Впервые иммобилизованные ферменты в хим. анализе применили в сер. 60-х гг. 20 в. Для обнаружения фосфорорг. пестицидов в воздухе использовали холинэстеразу, включенную в крахмальный гель, нанесенный на полиуретановую пластинку. С помощью глюкозооксидазы или лактатдегидрогеназы, включенных в полиакриламидный гель, определяли соотв. глюкозу или молочную к-ту.

Помимо единичных иммобилизованных ферментов, в хим. анализе используют соимобилизованные ферментные системы, позволяющие повышать чувствительность и селективность определения. При этом все чаще применяют иммобилизованные клетки микроорганизмов, содержащие естественный набор ферментов. Преимущество такой иммобилизации состоит в том, что исключаются стадии выделения, очистки и иммобилизации ферментов, увеличивается их стабильность. Иммобилизацию используют не только для ферментов, но и для субстратов, коферментов и эффекторов.

Предложены разнообразные реакторы с иммобилизованными ферментами – колонки, трубки, полые нити. Для заполнения колонок применяют обычно ферменты, ковалентно связанные с аминированным стеклом, акриловыми полимерами, агарозой, сефарозой, нейлоновым порошком, силикагелем и т. д. Один из лучших носителей для колоночных реакторов – сефароза, активированная бромцианом. На ней успешно иммобилизовали и полиферментные системы. Так, для определения 2–20 мкМ триптофана анализируемую смесь пропускали через колонку, содержащую со-

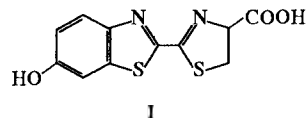
иммобилизованные на бромциан-сефаразе триптофаназу и лактатдегидрогеназу.

В трубчатых реакторах фермент ковалентно иммобилизуется на внутр. пов-сти нейлоновой трубки, длина к-рой варьирует от 1 до 3 м. С помощью таких реакторов, прокачивая через них анализируемый р-р, определяют, напр., в сыворотке крови мочевины, мочевую к-ту, аминокислоты, глюкозу, лактозу, мальтозу, пенициллин.

Разработан метод включения ферментов внутрь полых волокон триацетатцеллюлозы в момент их формования. Фермент оказывается включенным во внутр. полость, куда могут проникать только низкомол. субстраты. Эти нити наматывают в виде катушек, заключают в стеклянную оболочку и через такой бобинный ферментный реактор пропускают анализируемую смесь, напр., при определении пенициллина, мочевины или глюкозы.

Скорость пропускания потока смеси р-ров, содержащих анализируемую пробу и реагенты, через реакторы устанавливают такой, что после прохождения через ферментный реактор р-ция либо заканчивается (при анализе по конечному продукту), либо протекает до определенной глубины (скорость обычно определяют способом фиксированного времени).

Разновидности Ф. м. а. Среди наиб. чувствительных Ф. м. а. особое место занимают биolumинесцентные методы (см. *Люминесцентный анализ*). Чаше других используют процессы, катализируемые ферментом люциферазой светляков. Система включает люциферин (ф-ла I, люциферин светляка), к-рый в присут. АТФ подвергается катализируемому люциферазой окислению кислородом с образованием люминесцирующего в-ва. Высокий квантовый выход биolumинесценции, применение полиферментных сопряженных р-ций позволяет определять нек-рые соед. при концентрации 0,001–0,1 пМ.



Один из важных Ф. м. а. – анализ с использованием ферментных электродов, к-рые сочетают высокую селективность биокатализа и совершенную технику электрохим. методов. В простейшем варианте растворимый фермент помещают между двумя полупроницаемыми мембранами; одна отделяет р-р фермента от электродного датчика, другая – от анализируемого р-ра. Однако чаще ферменты иммобилизуют, включая их в полимерные или гелевые пленки альбумина, желатины, агар-агара, коллагена, гидроксида Al или ковалентно присоединяя к пов-сти стеклянных дисков, полупроницаемых мембран (целлюлозных, поликарбонатных). Пленки прикрепляют к пов-сти электрода. Часто такую пленку (мембрану) готовят непосредственно на пов-сти электрода. Субстрат диффундирует через слой, содержащий фермент, образуя электроактивное в-во, детектируемое при помощи потенциометрич. или амперометрич. датчика.

Преимущества потенциометрич. детектирования – легкость изготовления ферментного электрода и более низкая его стоимость. Однако время отклика таких электродов весьма значительно. В качестве электрохим. датчиков при создании ферментных электродов этого типа часто используют стеклянный рН-электрод, NH_4^+ -специфичный электрод, газовые электроды для CO_2 и NH_3 . Потенциометрич. ферментные электроды были предложены для определения аминокислот, мочевины, глюкозы, пенициллина, нитрит- и нитрат-ионов; применяемые ферменты – оксидазы и декарбоксилазы аминокислот, уреазы, глюкозооксидазы, нитрит- и нитратредуктазы и др.

Амперометрич. ферментные электроды обычно применяют в случае ферментативных р-ций, протекающих с выделением или потреблением O_2 или H_2O_2 . Используют при этом O_2 - или H_2O_2 -чувствительные электроды. Амперометрич. детекторы отличаются от потенциометрических более широким диапа-

зоном линейности. В амперометрич. ферментных датчиках применяют чаще всего ФАД (флавинадениндинуклеотид)-зависимые оксидазы для определения глюкозы, холестерина, аминокислот.

В ферментных электродах м. б. использованы не только одноферментные и полиферментные системы, но и клетки микроорганизмов («бактериальные» электроды). Созданы ферментные электроды с ферментным реактором. В таком электроде иммобилизованный (напр., на стеклянных шариках) фермент помещен в небольшой реактор, через к-рый пропускают анализируемую пробу. Продукты р-ции – электроактивные в-ва, их детектируют с помощью проточных измерительных электродов. Ферментные электроды такого типа применяют для определения мочевины и аминокислот.

Ферментные электроды представляют собой биосенсоры (см. *Сенсоры химические*), к-рые позволяют быстро и селективно проводить определение целого ряда компонентов в сложных по составу объектах.

На основе использования ферментов созданы разл. экспресс-тесты. Многие из них чрезвычайно просты. Напр., тест-устройство для определения токсичных фосфорсодержащих пестицидов в продуктах питания представляет собой бумажную полоску, один конец к-рой пропитан р-ром хромогенного субстрата, а второй содержит иммобилизованную холинэстеразу. При анализе концы полоски совмещают и обмакивают в воду, выжатый из фруктов или овощей сок и т. д. Появление окраски бумаги свидетельствует об отсутствии пестицидов в пробе. Т. к. пестициды в больших, чем ПДК, кол-вах ингибируют холинэстеразу, то отсутствие окраски свидетельствует о превышении ПДК пестицидов. Аналогичные бумажные тесты предложены для определения глюкозы в моче и крови, ртути в воде и т. д.

Широкое распространение получают иммуноферментные методы – разновидности иммунных методов анализа (радиоактивная или флуоресцентная метка заменяется ферментом). Их используют для определения иммуноглобулинов, гормонов, стероидов, лек. ср-в, пестицидов и др. Эти методы обладают исключительно высокой чувствительностью и селективностью.

Для повышения воспроизводимости, экспрессности и производительности в Ф. м. а. применяют автоматич. анализаторы разного типа (см. *Автоматизированный анализ*). Каталитич. р-ции с участием растворимых и иммобилизованных ферментов, а также ферментных реакторов все чаще используют в проточном-инжекционном анализе.

Ф. м. а. применяют в хим. анализе, по сравнению с др. методами, недостаточно. Из более чем 1800 полученных ферментов используют ок. 50; наиб. часто – глюкозооксидазу, уреазу, уриказу, люциферазу, пероксидазу, алкогольдегидрогеназу, холинэстеразу, лактатдегидрогеназу, разл. аминоксидазы. Ф. м. а. позволяют определять селективно, а в отдельных случаях специфично такие биологически активные субстраты, как глюкоза, мочевина и мочевая к-та, разл. аминокислоты, липиды, холестерин, антибиотики, этанол, H_2O_2 , NO_2^- и NO_3^- и мн. другие. Разработаны чрезвычайно чувствительные методы определения мн. ферментов (пероксидазы в крови, креатинфосфокиназы в крови при диагностике инсульта и инфаркта миокарда и др.) и коферментов (НАД, флавиномононуклеотид, АТФ и т. д.). Предложены методики чувствительного определения большого числа эффекторов ферментов (фосфорсодержащие пестициды, ионы Hg , Cu , Zn и др.). Чрезвычайно чувствительны и селективны методы определения нек-рых ионов металлов (Zn , Cu) и анионов (CN^-) на основе реактивации апоферментов. Цинк, напр., определяют практически специфически и в микрограммовых кол-вах по реактивации иммобилизованной пируватоксидазы, дезактивированной рядом комплексонев.

Осн. области применения Ф. м. а. – клинич. медицина и биохимия. С помощью ферментов в крови, моче, тканях и др. биол. объектах определяют малые кол-ва физиологически активных в-в, метаболитов, ферментов, мутагенов, канцерогенов, лек. препаратов. Высокочувствительный и специфический биоломинесцентный метод определения АТФ позволяет

разрабатывать методики измерения кол-ва клеток микроорганизмов, обнаружения микробных заражений, определения антибиотиков в биол. тканях и жидкостях по степени ингибирования микробных клеток. Поскольку содержание АТФ пропорционально кол-ву клеток или биомассы, то эти методики чрезвычайно чувствительны и предел обнаружения может достигать 100 клеток. Ферментативные методы используют также в пищ. и фармакологич. пром-сти, при контроле загрязнений окружающей среды. Так, напр., разработаны и применяются ферментативные методы определения фосфорсодержащих пестицидов, фенолов, аминов, ионов тяжелых металлов в природных и сточных водах.

Лит.: Долманова И. Ф., Угарова Н. Н., «Ж. аналит. химии», 1980, т. 35, в. 8, с. 1597–1639; Кулис Ю. Ю., Аналитические системы на основе иммобилизованных ферментов, Вильнюс, 1981; Угарова Н. Н., Бровко Л. Ю., Биоломинесценция и биоломинесцентный анализ, М., 1981; Bioanalytical applications of enzymes, ed. by C. Sueller, in сб.: Methods of biochemical analyses, N. Y., 1992.

И. Ф. Долманова.

ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ КАТАЛИЗ (биокатализ), ускорение биохим. р-ций при участии белковых макромолекул, называемых *ферментами* (энзимами). Ф. к. – разновидность *катализа*, хотя термин «ферментация» (*брожение*) известен с давних времен, когда еще не было понятия хим. катализа.

Первое исследование Ф. к. как хим. процесса было выполнено К. Кирхгофом, к-рый в 1814 продемонстрировал ферментативную конверсию крахмала в растворимые углеводы.

Заметный вклад в представление о природе Ф. к. внесли работы Й. Берцелиуса и Э. Мичерлиха, к-рые включили ферментативные р-ции в категорию хим. каталитич. процессов. В кон. 19 в. Э. Фишер высказал гипотезу о специфичности ферментативных р-ций и тесном стерич. соответствии между субстратом и активным центром фермента. Основы кинетики ферментативных р-ций были заложены в работах Л. Михаэлиса (1913).

В 20 в. происходит интенсивное изучение хим. основ Ф. к., получение ферментов в кристаллич. состоянии, изучение структуры белковых молекул и их активных центров, исследование большого числа конкретных ферментативных р-ций и ферментов.

В простейшем случае ур-ние р-ции с участием фермента имеет вид:



где E – фермент, S – субстрат, ES – фермент-субстратный комплекс (т. наз. комплекс Михаэлиса), P – продукт р-ции.

Превращение субстрата в продукт происходит в комплексе Михаэлиса. Часто субстрат образует ковалентные связи с функц. группами активного центра, в т. ч. и с группами кофермента (см. *Коферменты*). Большое значение в механизмах ферментативных р-ций имеет основной и кислотный катализ, реализуемый благодаря наличию имидазольных групп остатков гистидина и карбоксильных групп дикарбоновых аминокислот.

Важнейшие особенности Ф. к. – эффективность, специфичность и чувствительность к регуляторным воздействиям. Ферменты увеличивают скорость хим. превращения субстрата по сравнению с неферментативной р-цией в 10^9 – 10^{12} раз. Столь высокая эффективность обусловлена особенностями строения активного центра. Принято считать, что активный центр комплементарен (см. *Комплементарность*) переходному состоянию субстрата при превращении его в продукт. Благодаря этому стабилизируется переходное состояние и понижается активаци. барьер р-ции.

Большинство ферментов обладает высокой субстратной специфичностью, т. е. способностью катализировать превращение только одного или неск. близких по структуре в-в. Специфичность определяется топографией связывающего субстрат участка активного центра.

Активность ферментов регулируется в процессе их биосинтеза (в т. ч. благодаря образованию *изоферментов*, к-рые катализуют идентичные р-ции, но отличаются строением и каталитич. св-вами), а также условиями среды (рН, т-ра,

ионная сила р-ра) и многочисленными ингибиторами и активаторами, присутствующими в организме. Ингибиторами и активаторами могут служить сами субстраты (в определенных концентрациях), продукты р-ции, а также конечные продукты в цепи последоват. превращений в-ва (см. *Регуляторы ферм. тов*).

Ферментативные р-ции чувствительны к внеш. условиям, в частности к ионной силе р-ра и рН среды. Влияние т-ры на скорость ферментативной р-ции описывается кривой с максимумом, восходящая ветвь к-рой отражает обычную для хим. р-ций зависимость, выраженную ур-нием Аррениуса. Нисходящая ветвь связана с тепловой денатурацией фермента. Максимум кривой соответствует оптимальной т-ре $T_{\text{опт}}$, значение к-рой для большинства ферментов лежит в пределах 40–50 °С. Для нек-рых ферментов, особенно ферментов термофильных микроорганизмов, $T_{\text{опт}}$ 80–90 °С. Подробнее о кинетике ферментативных р-ций см. *Ферментативных реакций кинетика*.

Осн. направления совр. исследований Ф. к. – выяснение механизма, обуславливающего высокие скорости процессов, высокую селективность (специфичность действия ферментов), изучение механизмов контроля и регуляции активности ферментов. Оказалось, в частности, что р-ции Ф. к. включают большое число стадий с участием лабильных промежут. соед., времена жизни к-рых изменяются в нано- и миллисекундном диапазоне. На активных центрах ферментов протекают быстрые (нелимитирующие) стадии, в результате чего понижается энергетич. барьер для наиб. трудной, лимитирующей стадии.

Установлен механизм регулирования ферментативной активности путем действия ингибитора (или активатора) на специфичный центр белковой молекулы с опосредованной передачей воздействия на активный центр фермента через белок. Обнаружены эффекты кооперативного взаимод. неск. молекул субстрата на белковой матрице. Найден способ «жесткого» выведения фермента из процесса посредством индуцированной субстратом необратимой инактивации.

Ф. к. – основа мн. современных хим. технологий, в частности крупномасштабных процессов получения глюкозы и фруктозы, антибиотиков, аминокислот, витаминов и регуляторов, а также тонкого орг. синтеза. Разработаны методы, позволяющие проводить ферментативные р-ции в орг. р-рителях, обращенных мицеллах (см. *Мицеллообразование*). С Ф. к. связаны перспективы развития иммуноферментного и биолюминесцентного анализа, применения биосенсоров. Созданы методы, позволившие придать каталитич. активность антителам, обнаружена каталитич. активность у рибонуклеиновой к-ты (абзимы, рибозимы соотв.).

Лит.: Березин И. В., Исследования в области ферментативного катализа и инженерной энзимологии, М., 1990. См. также лит. к ст. *Биотехнология, Генетическая инженерия, Ферментативных реакций кинетика, Ферменты*.

С. Д. Варфоломеев.

ФЕРМЕНТАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ КИНЕТИКА, изучает закономерности протекания во времени ферментативных р-ций, а также их механизм; раздел *кинетики химической*.

Каталитич. цикл конверсии в-ва S (субстрата) в продукт Р под действием фермента Е протекает с образованием промежут. соед. X_i :



где k_i – константы скорости отдельных элементарных стадий, K_S – константа равновесия образования фермент-субстратного комплекса X_1 (ES, комплекс Михаэлиса).

При данной т-ре скорость р-ции зависит от концентраций фермента, субстрата и состава среды. Различают стационарную, предстационарную и релаксационную кинетику ферментативных р-ций.

Стационарная кинетика. В стационарном состоянии по промежуточным соед. ($dX_i/dt = 0$, $i = 1, \dots, n$) и при избытке субстрата $[S]_0 \gg [E]_0$, где $[S]_0$ и $[E]_0$ – начальные концентрации соотв. субстрата и фермента, кинетика процесса характеризуется постоянным, неизменным во времени уровнем

концентраций промежут. соед., а выражение для скорости процесса v_0 , наз. начальной стационарной скоростью, имеет вид (ур-ние Михаэлиса – Ментен):

$$v_0 = \frac{k_{\text{кат}}[E]_0[S]_0}{K_M + [S]_0}, \quad (1)$$

где значения $k_{\text{кат}}$ и K_M – ф-ции констант скорости элементарных стадий и заданы ур-нениями:

$$k_{\text{кат}} = 1 / \sum_{i=2}^{n+1} \frac{1}{k_i}$$

$$K_M = \frac{K_S}{k_1} \left(1 / \sum_{i=2}^{n+1} \frac{1}{k_i} \right)$$

Величину $k_{\text{кат}}$ наз. эффективной каталитич. константой скорости процесса, параметр K_M – константой Михаэлиса. Значение $k_{\text{кат}}$ определяется величинами k_i наиб. медленных стадий каталитич. р-ций и иногда наз. числом оборотов фермента (ферментной системы); $k_{\text{кат}}$ характеризует число каталитич. циклов, совершаемых ферментной системой в единицу времени. Наиб. распространены ферменты, имеющие значение $k_{\text{кат}}$ для специфич. субстратов в диапазоне 10^2 – 10^3 с⁻¹. Типичные значения константы Михаэлиса лежат в интервале 10^{-3} – 10^{-4} М.

При больших концентрациях субстрата, когда $[S]_0 \gg K_M$, $v \approx k_{\text{кат}}[E]_0 = v_{\text{макс}}$, т. е. скорость р-ции не зависит от концентрации субстрата и достигает постоянной величины, наз. макс. скоростью. Графически ур-ние Михаэлиса – Ментен представляет собой гиперболу. Его можно линеаризовать, используя метод двойных обратных величин (метод Лайнуивера – Берка), т. е. строя зависимость $1/v$ от $1/[S]_0$, или др. методы. Линейная форма ур-ния (1) имеет вид:

$$1/v = \frac{K_M}{v_{\text{макс}}[S]_0} + \frac{1}{v_{\text{макс}}}. \quad (2)$$

Она позволяет определить графически значения K_M и $v_{\text{макс}}$ (рис. 1).

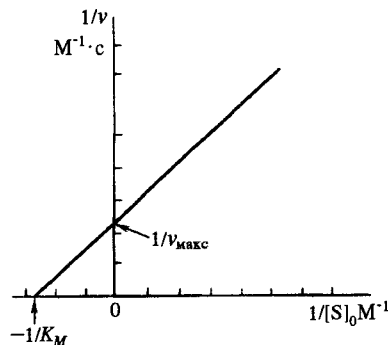


Рис. 1. График линейной трансформации ур-ния Михаэлиса – Ментен в двойных обратных величинах (по Лайнуиверу – Берку).

Величина K_M численно равна концентрации субстрата, при к-рой скорость р-ции равна $1/2 v_{\text{макс}}$, поэтому K_M часто служит мерой сродства субстрата и фермента, однако это справедливо лишь, если $K_M \approx K_S$.

Величины K_M и v_m изменяются в зависимости от значений рН. Это связано со способностью участвующих в катализе групп молекулы фермента изменять свое состояние ионизации и, тем самым, свою каталитич. эффективность. В простейшем случае изменение рН приводит к протонированию или депротонированию, по крайней мере, двух ионизирующихся групп фермента, участвующих в катализе. Если при этом только одна форма фермент-субстратного комплекса (напр., ESH) из трех возможных (ES, ESH и ESH₂) способна

превращаться в продукт р-ции, то зависимость скорости от рН описывается ф-лой:

$$v = \frac{(k_{кат}/f')[E]_0[S]_0}{K'_M f' + [S]_0},$$

где $f = 1 + [H^+]/K_a + K_b/[H^+]$ и $f' = 1 + [H^+]/K'_a + K'_b/[H^+]$ – т. наз. рН-ф-ции Михаэлиса, а K_a , K_b и K'_a , K'_b – константы ионизации групп a и b соотв. своб. фермента и фермент-субстратного комплекса. В координатах $\lg k_{кат}$ – рН эта зависимость представлена на рис. 2, причем тангенсы углов наклона касательных к восходящей, независимой от рН, и нисходящей ветвям кривой должны быть равны соответственно +1, 0 и –1. Из такого графика можно определить значения pK_a групп, участвующих в катализе.

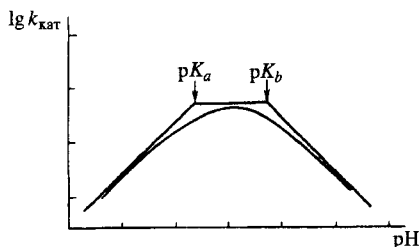


Рис. 2. Зависимость каталитич. константы от рН в логарифмич. координатах.

Скорость ферментативной р-ции не всегда подчиняется ур-нию (1). Один из часто встречающихся случаев – участие в р-ции аллостерич. ферментов (см. *Регуляторы ферментов*), для к-рых зависимость степени насыщения фермента от $[S]_0$ имеет негиперболич. характер (рис. 3). Это явление обусловлено кооперативностью связывания субстрата, т. е. когда связывание субстрата на одном из участков макромолекулы фермента увеличивает (положит. кооперативность) или уменьшает (отрицат. кооперативность) сродство к субстрату др. участка.

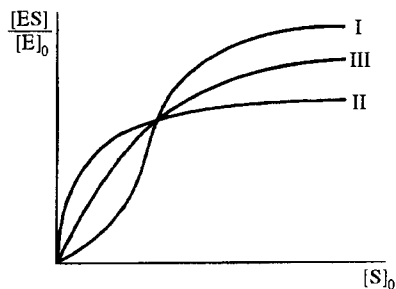


Рис. 3. Зависимость степени насыщения фермента субстратом от концентрации субстрата при положительной (I) и отрицательной (II) кооперативности, а также в ее отсутствии (III).

Предстадионарная кинетика. При быстром смещении р-ров фермента и субстрата в интервале времен 10^{-6} – 10^{-1} с можно наблюдать переходные процессы, предшествующие образованию устойчивого стационарного состояния. В этом предстадионарном режиме при использовании большого избытка субстрата ($[S]_0 \gg [E]_0$) система дифференц. ур-ний, описывающая кинетику процессов, линейна. Решение данного типа системы линейных дифференц. ур-ний дается суммой экспоненциальных членов. Так, для кинетич. схемы, представленной выше, кинетика накопления продукта имеет вид:

$$[P](t) = \sum_{i=1}^n k_{n+1} \frac{A_i}{\lambda_i} (e^{\lambda_i t} - 1) + \frac{k_{n+1} b}{a_n} \cdot t,$$

где A_i , b , a_n – ф-ции элементарных констант скорости; λ_i – корни соответствующего характеристич. ур-ния.

Величина, обратная λ_i , наз. характеристич. временем процесса:

$$\tau_i = -1/\lambda_i$$

Для р-ции, протекающей с участием n промежут. соед., можно получить n характеристич. времен.

Исследование кинетики ферментативной р-ции в предстадионарном режиме позволяет получить представление о детальном механизме каталитич. цикла и определить константы скорости элементарных стадий процесса.

Экспериментально кинетику ферментативной р-ции в предстадионарном режиме исследуют с помощью метода остановленной струи (см. *Струевые кинетические методы*), позволяющего смешивать компоненты р-ции в течение 1 мс.

Релаксационная кинетика. При быстром возмущающем воздействии на систему (изменение т-ры, давления, электрич. поля) время, к-рое необходимо системе для достижения нового равновесия или стационарного состояния, зависит от скорости процессов, определяющих каталитич. ферментативный цикл.

Система ур-ний, описывающая кинетику процесса, линейна, если смещение от положения равновесия невелико. Решение системы приводит к зависимостям концентраций компонентов разл. стадий процесса в виде суммы экспоненциальных членов, показатели экспонент к-рых имеют характер времен релаксаций. Результатом исследования является спектр времен релаксации, соответствующий числу промежут. соед., участвующих в процессе. Величины времен релаксаций зависят от констант скорости элементарных стадий процессов.

Релаксационные методы кинетики позволяют определить константы скорости отдельных элементарных стадий трансформации интермедиатов. Методы изучения релаксационной кинетики имеют разл. разрешающую способность: поглощение ультразвука – 10^{-6} – 10^{-10} с, температурный скачок – 10^{-4} – 10^{-6} с, метод электрич. импульса – 10^{-4} – 10^{-6} с, скачок давления – 10^{-2} с. При исследовании кинетики ферментативных р-ций наиб. применение нашел метод температурного скачка.

Макрокинетика ферментативных процессов. Развитие методов получения гетерогенных катализаторов путем иммобилизации ферментов на разл. носителях (см. *Иммобилизованные ферменты*) обусловило необходимость анализа кинетики процессов с учетом массопереноса субстрата. Теоретически и экспериментально исследованы закономерности кинетики р-ций с учетом эффектов диффузионного слоя и для систем с внутридиффузионными затруднениями при распределении фермента внутри носителя.

В условиях, когда на кинетику процесса влияет диффузионный перенос субстрата, каталитич. эффективность системы уменьшается. Фактор эффективности η равен отношению плотности потока продукта в условиях протекания ферментативной р-ции с диффузионно пониженной концентрацией субстрата к потоку, к-рый мог бы реализоваться в отсутствие диффузионных ограничений. В чисто диффузионной области, когда скорость процесса определяется массопереносом субстрата, фактор эффективности для систем с внешдиффузионным торможением обратно пропорционален диффузионному модулю θ :

$$\eta = \frac{1}{\theta}; \quad \theta = \frac{k_{кат} [E] l_d}{K_M D},$$

где l_d – толщина диффузионного слоя, D – коэф. диффузии субстрата.

Для систем с внутридиффузионным торможением в р-циях первого порядка

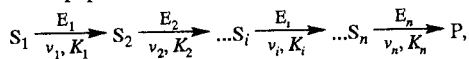
$$\eta = \frac{\tanh \Phi_m}{\Phi_m}; \quad \Phi_m = l \sqrt{\frac{k_{кат} [E]}{D K_M}},$$

где Φ_m – безразмерный модуль (модуль Тиле).

При анализе кинетич. закономерностей в ферментативных реакторах широкого теоретич. и эксперим. развития получили «идеальные» модели реакторов, проточный безградиентный

реактор (проточный реактор идеального перемешивания), проточный реактор с идеальным вытеснением, мембранный реактор.

Кинетика полиферментных процессов. В организме (клетке) ферменты действуют не изолированно, а катализируют цепи трансформации молекул. Р-ции в полиферментных системах с кинетич. точки зрения можно рассматривать как последоват. процессы, специфич. особенностью к-рых является катализ ферментами каждой из стадий:



где v_i , K_i – соотв. макс. скорость процесса и константа Михаэлиса i -й стадии р-ции соответственно.

Важная особенность процесса – возможность образования устойчивого стационарного состояния. Условием его возникновения может служить неравенство $v_i > v_0$, где v_0 – скорость лимитирующей стадии, характеризующей наименьшей константой скорости и тем самым определяющей скорость всего последоват. процесса. В стационарном состоянии концентрации метаболитов после лимитирующей стадии меньше константы Михаэлиса соответствующего фермента.

Специфич. группу полиферментных систем составляют системы, осуществляющие окислит.-восстановит. р-ции с участием белковых переносчиков электронов. Переносчики образуют специфич. структуры, комплексы с детерминированной последовательностью переноса электрона. Кинетич. описание такого рода систем рассматривает в качестве независимой переменной состояния цепей с разл. степенью заселенности электронами.

Применение. Ф. р. к. широко используют в исследовательской практике для изучения механизмов действия ферментов и ферментных схем. Практически значимая область науки о ферментах – инженерная энзимология, оперирует понятиями Ф. р. к. для оптимизации биотехнол. процессов.

Лит.: Полторак О.М., Чухрай Е.С., Физико-химические основы ферментативного катализа, М., 1971; Березин И.В., Мартинек К., Основы физической химии ферментативного катализа, М., 1977; Варфоломеев С.Д., Зайцев С.В., Кинетические методы в биохимических исследованиях, М., 1982. С.Д. Варфоломеев.

ФЕРМЕНТСОДЕРЖАЩИЕ ВОЛОКНА (волокна-биокатализаторы), получают путем иммобилизации ферментов на разл. волокнах и материалах на их основе (тканях, нетканых материалах и др.); обладают высокой каталитич. активностью и селективностью в биохим. р-циях.

В качестве носителей используют гл. обр. гидрофильные волокна – целлюлозные, поливинилспиртовые, ацетатные, альгинатные, полиакрилонитрильные и др. При формировании Ф. р. в прядильный р-р или полые волокна вводится эмульсия ферментсодержащего препарата, к-рый остается в порах или центр. канале волокна. Однако химически не связанные с волокном ферменты во время эксплуатации частично удаляются и волокна имеют меньшую каталитич. активность по сравнению с исходными. Наиб. каталитич. активность обладают Ф. в., в к-рых фермент химически связан (с помощью ковалентных, ионных или координац. связей) с полимером-носителем. Это обеспечивает возможность длит. эксплуатации Ф. в. в биотехнол. процессах, а при применении в мед. практике обеспечивает сохранение активности после стерилизации и длительный лечебный эффект.

Во всех этих методах должно быть исключено использование высоких т-р и химически агрессивных (кислых, щелочных) сред, к-рые приводят к разрушению или денатурации ферментов. Кол-во вводимых ферментов или ферментсодержащих препаратов составляет 0,5–5% от массы волокна, что незначительно сказывается на их физ.-мех. св-вах. Активность иммобилизованных ферментов составляет 30–90% от активности исходного фермента. М.б. получены волокна, содержащие одновременно два и более видов ферментов или ферментных препаратов.

Ф. в. могут применяться в виде неподвижных пористых слоев в проточных аппаратах или в виде вводимых в обрабатываемую среду дисперсий в реакторах с перемешиванием.

Волокна м.б. полностью отделены и многократно использованы практически без потерь или загрязнения получаемого продукта.

Применяют Ф. в. в биотехнологии при произ-ве пищ. продуктов и напитков, лек. ср-в, хим. реактивов, при биоочистке пром. выбросов. В медицине Ф. в. и волокнистые материалы используют для лечения нек-рых видов опухолей, заболеваний слизистых оболочек, в офтальмологии, стоматологии, в хирургии в качестве перевязочных и шовных материалов, протезов кровеносных сосудов, при проведении биохим. анализов и др.

Лит.: Маркони В., «Успехи химии», 1976, т. 45, в. 11, с. 2077–93; Получение волокнистых материалов, содержащих иммобилизованные ферменты, М., 1985; Dinelli D. [а. о.], в кн.: Enzymology, v. 1. Immobilized Enzymes, Antigens, Antibodies and Peptides, N. Y., 1975, p. 171–243. К.Е. Перепелкин.

ФЕРМЕНТЫ (от лат. fermentum – закваска) (энзимы), белки, выполняющие роль катализаторов в живых организмах. Осн. ф-ции Ф. – ускорять превращение в-в, поступающих в организм и образующихся при метаболизме (для обновления клеточных структур, для обеспечения его энергией и др.), а также регулировать биохим. процессы (напр., реализацию генетич. информации), в т. ч. в ответ на изменяющиеся условия.

О механизме р-ций с участием Ф. (ферментативных р-циях) см. Ферментативный катализ, Ферментативных реакций кинетика.

Структуру Ф. изучают методами хим. модификации, рентгеновского структурного анализа, спектроскопии. Ценные результаты получены методом сайт-специфичного мутагенеза, основанного на направленной замене аминокислот в белковой молекуле методами генетической инженерии. К кон. 20 в. известно и охарактеризовано ок. 3000 Ф.

Исторический очерк. Начало совр. науки о Ф. (энзимологии) связывают с открытием в 1814 К. Кирхгофом превращения крахмала в сахар под действием водных вытяжек из проростков ячменя. Действующее начало из этих вытяжек было выделено в 1833 А. Пайеном и Ж. Персо. Им оказался Ф. амилаза. В 1836 Т. Шванн обнаружил и описал пепсин, в том же году И. Пуркин и И. Паппенгейм охарактеризовали трипсин. В 1897 братья Г. и Э. Бухнеры выделили из дрожжей р-римый препарат (т. наз. зимазу), вызывавший спиртовое брожение. Этим был положен конец спору Л. Пастера (он полагал, что процесс брожения могут вызывать только целостные живые клетки) и Ю. Либиха (считал, что брожение связано с особыми в-вами). В кон. 19 в. Э. Фишер предложил первую теорию специфичности Ф. В 1913 Л. Михаэлис сформулировал общую теорию кинетики ферментативных р-ций. В кристаллич. виде первые Ф. были получены Дж. Самнером в 1926 (уреаза) и Дж. Нортропом в 1930 (пепсин). Впервые первичная структура (аминокислотная последовательность) Ф. была установлена У. Стейном и С. Муром в 1960 для рибонуклеазы А, а в 1969 Р. Меррифилдом осуществлен хим. синтез этого Ф. Пространственное строение (третичная структура) Ф. впервые установлено Д. Филлипсом в 1965 для лизоцима. Во 2-й пол. 20 в. каталитич. активность была открыта также у нек-рых РНК (их наз. рибозимы).

Классификация ферментов. Исторически многим Ф. присваивались тривиальные названия, часто не связанные с типом катализируемой р-ции. Для преодоления возникших трудностей в сер. 20 в. были разработаны классификации и номенклатура Ф. По рекомендации Международного биохим. союза, все Ф. в зависимости от типа катализируемой р-ции делят на 6 классов: 1-й – оксидоредуктазы, 2-й – трансферазы, 3-й – гидролазы, 4-й – лиазы, 5-й – изомеразы и 6-й – лигазы. Каждый класс делится на подклассы, в соответствии с природой функц. групп субстратов, подвергающихся хим. превращению. Подклассы, в свою очередь, делятся на подподклассы в зависимости от типа участвующего в превращении Ф. Каждому достаточно охарактеризованному Ф. присваивается классификационный номер из 4 цифр, обозначающих класс, подкласс, подподкласс и номер самого Ф. Напр., α-химотрипсин имеет номер 3.4.21.1.

К оксидоредуктазам относятся Ф., катализирующие окислит.-восстановит. р-ции. Ф. этого типа переносят атомы

Н или электроны. Многие оксидоредуктазы являются Ф. дыхания и окислительного фосфорилирования.

Трансферазы катализируют перенос функц. групп (CH_3 , COOH , NH_2 , CHO и др.) от одной молекулы к другой.

Гидролазы катализируют гидролитич. расщепление связей (пептидной, гликозидной, эфирной, фосфодиэфирной и др.).

Лиазы катализируют негидролитич. отщепление групп от субстрата с образованием двойной связи и обратные р-ции. Эти Ф. могут отщеплять CO_2 , H_2O , NH_3 и др.

Изомеразы катализируют образование изомеров субстрата, в т. ч. *цис*-, *транс*-изомеризацию, перемещение кратных связей, а также групп атомов внутри молекулы.

Лигазы — Ф., катализирующие присоединение двух молекул с образованием новых связей ($\text{C}-\text{C}$, $\text{C}-\text{S}$, $\text{C}-\text{O}$, $\text{C}-\text{N}$ и др.), как правило, сопряженное с расщеплением пиррофосфатной связи, напр. у АТФ.

Особенности строения ферментов. Мол. масса Ф. составляет от 10^4 до 10^6 и более. Чаще всего встречаются Ф. с мол. м. 20–60 тыс., более крупные обычно состоят из неск. одинаковых (гомомеры) или разных (гетеромеры) субъединиц, связанных между собой нековалентными связями. Субъединица может состоять из двух и более цепей, соединенных дисульфидными связями.

В первичной структуре однотипных Ф., выделенных даже из эволюционно отдаленных организмов, часто наблюдается определенная гомология, а нек-рые участки практически остаются неизменными. Вторичная структура отличается большим разнообразием по содержанию α -спиралей и β -структур (см. Белки). β -Структуры составляют ядро многих Ф., образуя «опорную» структуру. Совокупность стандартных элементов вторичных структур и специфически уложенных участков полипептидной цепи, определенным образом расположенных в пространстве, образует третичную структуру, определяющую биол. св-ва Ф.

Третичная структура уникальна для каждого Ф., однако у однотипных Ф., даже сильно отличающихся по первичной структуре, пространственное расположение цепей м. б. сходным (напр., хитотрипсина и субтилизина). Часто в третичной структуре можно выделить отдельные компактные части (домены), соединенные участками полипептидной цепи. Организация в пространстве неск. субъединиц определяет четвертичную структуру Ф.

На пов-сти белковой глобулы Ф. или, чаще, в спец. щели, углублении и т. п. выделяют относительно небольшой участок, наз. активным центром. Он представляет собой совокупность функц. групп аминокислотных остатков, непосредственно взаимодействующих с субстратом. В активный центр Ф., кроме функц. групп, могут входить небелковые составляющие — коферменты. Такой комплекс наз. холоферментом, а его белковую часть — апоферментом. Аминокислотные остатки, входящие в активный центр, относятся к наиб. консервативным в данной группе Ф. В активном центре можно выделить субстрат-связывающий участок и собственно каталитически активные группы Ф. К последним, напр., в подклассе сериновых протеаз относятся функц. группы остатков серина-195, гистидина-57 и аспарагиновой к-ты-102. Кроме того, в качестве каталитически активных групп Ф. выступают группа SH цистеина, группа COOH глутаминовой к-ты, фенольный гидроксил тирозина и др., а также функц. группы коферментов — никотинамидное кольцо никотинамидных коферментов (см. Ниацин), альдегидная группа (в виде альдимида) пиридоксальфосфата, тиазольино-вое кольцо тиаминпиррофосфата, ионы металлов (напр., Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+}) и др.

Получение ферментов. Обычно Ф. выделяют из тканей животных, растений, клеток и культуральных жидкостей микроорганизмов, биол. жидкостей (кровь, лимфа и др.). Для получения нек-рых труднодоступных Ф. используются методы генетической инженерии. Из исходных материалов Ф. экстрагируют солевыми р-рами. Затем их разделяют на фракции, осаждавая солями [обычно $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] или, реже, орг. р-рителями, и очищают методами гель-проникающей и ионо-

обменной хроматографии. На заключит. этапах очистки часто используют методы аффинной хроматографии. Контроль за ходом очистки Ф. и характеристику чистых препаратов осуществляют, измеряя каталитич. активность Ф. с применением специфических (обычно дающих цветные р-ции) субстратов. За единицу кол-ва Ф. принимают такое его кол-во, к-рое катализирует превращение 1 мкмоль субстрата в 1 мин в стандартных условиях. Число единиц Ф., отнесенное к 1 мг белка, наз. удельной активностью.

Применение ферментов. В неочищенном состоянии Ф. с древнейших времен используют для получения продуктов питания и выделки изделий в хлебопечении, сыроделии, виноделии, обработке кож и т. д. Достаточно очищенные Ф. применяют в произ-ве аминокислот и их смесей для искусственного питания, в произ-ве сахарных сиропов из углеводсодержащего сырья, для удаления лактозы из молока и в произ-ве ряда лек. ср-в (нек-рые очищенные Ф. сами используются как лек. ср-ва). Особенно перспективно применение в пром-сти иммобилизованных ферментов на полимерных носителях (напр., для получения полусинтетич. пенициллинов применяют иммобилизованную пенициллинамидазу, см. также Ферментсодержащие волокна). Об использовании Ф. в хим. анализе см. Ферментативные методы анализа.

Лит.: Номенклатура ферментов (Рекомендации 1972), пер. с англ., М., 1979; Фершт Э., Структура и механизм действия ферментов, пер. с англ., М., 1980; Диксон М., Уэбб Э., Ферменты, пер. с англ., т. 1–3, М., 1982; Methods in enzymology, eds. S. P. Colowick, N. O. Kaplan, N. Y. — S. F. — L., 1955–.

В. К. Антонов.

ФЕРМИЙ (Fermium), Fm, искусственный радиоактивный хим. элемент III гр. периодич. системы, ат. н. 100; относится к актиноидам. Стабильных изотопов не имеет. Известно 17 радиоактивных изотопов с мас. ч. 243–259. Наиб. долгоживущий нуклид ^{257}Fm ($T_{1/2}$ 100,5 сут, α -излучатель). Вероятная конфигурация внеш. электронных оболочек атома $5f^{12}6s^26p^67s^2$; степени окисления +2 и +3 (наиб. устойчивая); ионный радиус Fm^{3+} 0,0922 нм, Fm^{2+} 0,194 нм.

Свойства. В весовых кол-вах Ф. не получен и исследованы его св-ва производились со следовыми концентрациями ^{255}Fm ($T_{1/2}$ 20,07 ч) и ^{257}Fm . По хим. св-вам Ф. во многом подобен др. трехвалентным актиноидам. Для иона Fm^{3+} $\Delta H_{\text{обр}}^0$ для бесконечного разб. водного р-ра –589,38 кДж/моль; Fm^{3+} соосаждается с фторидами и гидроксидами РЗЭ; константа гидролиза $1,6 \cdot 10^{-4}$. С катионообменной смолы вымывается перед эйнштейнием соляной, лимонной, молочной и α -гидроксизомасляной к-тами. В конц. р-рах HCl , HNO_3 , NH_4CNS Ф. образует анионные комплексы и сорбируется на анионитах. Константы устойчивости комплексов Fm^{3+} : с диэтилен-триаминопентауксусной к-той 22,70 (25 °C), с диаминоциклогексатетрауксусной к-той 19,56 (25 °C), с молочной к-той 6,36 и с винной к-той 6,8. Для отделения Ф. от др. трехвалентных актиноидов используют ионный обмен на катионитах и молочную или α -гидроксизомасляную к-ты в качестве элюентов, а также метод экстракционной хроматографии, напр., с ди(2-этилгексил)фосфорной к-той, обеспечивающий высокие коэф. разделения.

Под действием сильных восстановителей Fm^{3+} переходит в Fm^{2+} . Стандартный окислит. потенциал Fm(III)/Fm(II) $1,1 \pm 0,2$ В, а для Fm(IV)/Fm(III) 4,9 В (оценка).

Получение. Изотопы Ф. получают облучением мишеней из Th, U или Pu на циклотроне ускоренными ионами Ne, O или C, а также при облучении смеси изотопов Pu, Cm или Cf в ядерном реакторе нейтронами. В наиб. кол-вах (ок. 10^9 атомов в год) получают ^{257}Fm . При оптимальных условиях из 1 г ^{252}Cf можно получить неск. микрограммов ^{257}Fm .

Первые Ф. был выделен А. Гиорсо, С. Томпсоном и Г. Хиггинсом в 1952 из продуктов термоядерного взрыва. Нуклид ^{255}Fm образовался в результате мгновенного захвата ураном нейтронов с послед. β^- -распадами по р-ции: $^{238}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{255}\text{U} \xrightarrow{\beta^-} ^{255}\text{Fm}$. Назван по имени Э. Ферми.

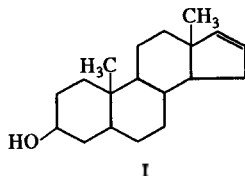
Лит.: Hulet E., «Radiochimica Acta», 1983, v. 32, p. 7–23; Chemistry of the actinide elements, 2 ed., v. 2, L. — N. Y., 1986. См. также лит. при ст. Актиноиды.

Б. Ф. Масюков.

ФЕРОМОНЫ, в-ва, выделяемые животными во внеш. среду и являющиеся средствами внутривидовой сигнализации. Различают Ф. половые (половые *аттрактанты*, привлекающие самцов к самкам в период спаривания), возбуждающие (афродизиаки), сбора (агрегационные), тревоги, следа, социальные (влияют на дифференциацию и развитие особей данного сообщества, напр. у пчел и муравьев).

По хим. природе Ф. относятся к разл. классам орг. соед.; наиб. часто встречаются моно- и полиненасыщ. углеводороды C_6 – C_{30} и соответствующие им спирты, альдегиды, к-ты, а также эпоксисоединения. Как правило, Ф. представляют собой двух-, трех- и многокомпонентные смеси; их активность зависит от соотношения и изомерного состава компонентов.

Наиб. изучены Ф. насекомых (до 1988 Ф. идентифицированы у ~450 видов насекомых); выделены половые Ф. и Ф. тревоги у рыб; пахучие выделения млекопитающих (грызунов, нек-рых копытных и приматов); половой Ф. кабана (компонент к-рого представлен соед. ф-лы I). Одним из первых выделен (и установлено его хим. строение) половой Ф. самки тутового шелкопряда – (E)-10, (Z)-12-гексадекадиенол (бомбикол).



Ф. активны в чрезвычайно низких концентрациях и действуют на большие расстояния (до 3 км); обычно видоспецифичны, однако известно много примеров, когда Ф. одного вида оказывают заметное действие на представителей других родств. видов.

Нек-рые Ф. используют как эффективные средства борьбы с насекомыми-вредителями в посевах хлопчатника, в садоводстве, в лесном хозяйстве и др., они отличаются экологич. безопасностью и позволяют значительно снизить расход инсектицидов. Применяют их в виде т. наз. диспенсеров – микрокапсул, препаратов либо препаратов на основе полых полимерных волокон, слоистых пластиков и др. пористых материалов, обеспечивающих постепенное испарение Ф. Диспенсер, содержащий неск. миллиграммов Ф., помещают в ловушку вместе с инсектицидом и клейким материалом и используют для учета численности насекомых или для их массового уничтожения; более высокие дозы Ф. используют для дезориентации насекомых в период спаривания.

Лит.: Лебедева К.В., Миняйло В.А., Пятикова Ю.Б., Феромоны насекомых, М., 1984; Лебедева К.В., Пятикова Ю.Б., «Ж. Всес. хим. об. ва им. Д.И. Менделеева», 1984, т. 29, № 1, с. 54–63; Лебедева К.В., там же, 1988, т. 33, № 6, с. 678–86; Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Bd 6, В.- [u.a.], 1981, S. 2–180; Insect pheromone technology, chemistry and applications, ed. by B. A. Leonhardt, M. Beroza, Wash., 1982; Pheromone biochemistry, ed. by G. D. Prestwich, G. J. Blomquist, San Diego, 1987.

Г. С. Швиндлерман.

ФЕРРЕДОКСИН, железосодержащий белок, выполняющий ф-ции переносчика электрона во мн. биол. окислит.-восстановит. процессах. Содержится во всех фотосинтезирующих клетках и тканях, в т. ч. в хлоропластах высших растений.

Окраска Ф. определяется поглощением при 465, 420 (ε 9600), 390 и 278 нм. Ф. оптически активен и дает характерные спектры кругового дихроизма. Для восстановленной формы Ф. характерен спектр ЭПР, наблюдаемый при 77К; среднее значение g-фактора ок. 1,94.

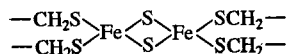
Ф.– глобулярный белок, его молекула в зависимости от источника состоит из 1, 3 или 4 полипептидных цепей, содержащих по 95–100 аминокислотных остатков, из них 4–6 приходится на цистины; высокое содержание глутаминовой и аспарагиновой к-т определяет кислые св-ва Ф., pI ок. 4. Мол. м. (8–24) · 10³, типичное значение ок. 10⁴. Для мн. Ф. из высших растений и водорослей известна первичная структура и обнаружена высокая степень гомологии. Ряд Ф. присутствует в клетках в виде олигомерных структур.

Ф., как правило, мало устойчив и должен храниться при низкой т-ре. Однако в вулканич. глубоководных областях обнаружены содержащие Ф. термофильные архебактерии, напр. *Rugosoccus fulgureus*, сохраняющие св-ва после хранения 12 ч при 95 °С.

Все железо в окисленной форме Ф. имеет степень окисления +3. Ф. восстанавливается одноэлектронно, при этом один атом Fe(III) переходит в состояние Fe(II). В состоянии Fe(II) – Fe(III) Ф.– сильный восстановитель, типичное значение окислит.-восстановит. потенциала –400 мВ.

Функцион. св-ва Ф. определяются наличием активного центра (одного для «простых» Ф., двух для «сложных»), структура к-рого представляет собой кластер, содержащий атом Fe, сульфидные мостики S²⁻ и остатки цистеина CH₂S⁻, координированные по атому Fe. Сера из сульфидных мостиков высвобождается при действии к-т, образуя H₂S.

Ф. могут содержать би-(см. ф-лу), три- и тетраядерные кластеры. В биядерном кластере Ф. из *Spirulina platensis* расстояние между атомами Fe составляет 0,272 нм. В окис-



ленной форме кластер содержит оба атома Fe(III) примерно в тетраэдрич. окружении. Структура в целом диамагнитна, т. к. между атомами Fe, находящимися в высокоспиновом состоянии, имеется антиферромагн. взаимод.; суммарный спин S = 0 при низких т-рах. При комнатной т-ре возможно заселение возбужденных уровней (S = 1), что обнаруживается как парамагнитный сдвиг сигналов ПМР протонов, находящихся вблизи металлокластера. При восстановлении одного атома Fe S = 1/2, что обуславливает спектр ЭПР.

В фотосинтезе Ф. осуществляет перенос электрона от фотосистемы I к никотинамидадениндинуфосфату, он участвует также в восстановлении сульфита, нитрита, ненасыщенных жирных к-т, поддержании активности фруктозо-1,6-дифосфатазы, пируватдекарбоксилазы и др. Ф. активен в ряде р-ций, в к-рых образуется или используется в качестве восстановителя H₂; партнером Ф. во мн. случаях выступают разл. гидрогеназы.

Разработаны способы удаления кластеров из Ф., в т. ч. с сохранением их структуры, а также реконструкции Ф. как с собственными протестич. группами, так и с их синтетич. аналогами. Моделирование активных центров Ф. стимулировало синтез координац. соед. аналогичной структуры.

Лит.: Thomson A. J., в кн.: Metalloproteins, pt 1. Metal proteins with redox roles, ed. P. Harrison, Weinheim – [a. o.], 1985, p. 79–120.

М. Г. Гольдфельд.

ФЕРРИМАГНЕТИКИ, в-ва, в к-рых ниже определенной т-ры – *Кюри точки* магн. моменты соседних атомов (ионов), образующих две или неск. магн. подрешеток, антипараллельны (или более сложно ориентированы в пространстве), но не скомпенсированы, в результате чего эти в-ва обладают самопроизвольной намагниченностью. Обычно подрешетки различаются тем, что содержат обладающие магн. моментами ионы разл. элементов или ионы одного элемента, но находящиеся в разных кристаллографич. позициях – в неэквивалентных узлах кристаллич. решетки.

Ферримагнетизм – наиб. общий случай магнитоупорядоченного состояния. Ферромагнетизм, присущий *ферромагнетикам*, имеющим только одну подрешетку, и антиферромагнетизм, свойственный *антиферромагнетикам*, в к-рых все подрешетки состоят из одинаковых ионов, являются частными случаями ферримагнетизма.

Значит. часть Ф.– это диэлектрич. или полупроводниковые ионные кристаллы. Среди них наиб. обширную группу составляют *ферриты* (шпинели, гранаты, гексаферриты). К Ф. относятся двойные фториды, напр. RbNiF₃, CsFeF₃, нек-рые сульфиды, селениды, а также ряд сплавов и интерметаллидов, содержащих атомы РЗЭ и элементов группы Fe, напр. CdCo₅, TbFe₂.

Подобно ферромагнетикам Ф. намагничиваются во внешнем магн. поле, имеют доменную структуру, обладают оста-

точной намагниченностью, выше точки Кюри переходят в парамагн. состояние (см. *Парамагнетики*). Однако существование неск. разл. подрешеток в Ф. приводит к более сложной температурной зависимости самопроизвольной намагниченности, чем в ферромагнетике, и при определенной т-ре, наз. точкой компенсации, намагниченность обращается в нуль. При т-ре выше и ниже этой точки самопроизвольная намагниченность отлична от нуля.

Ф. используют для изготовления постоянных магнитов, в ЭВМ (при создании элементов памяти), в радиотехнике, СВЧ технике; из Ф. производят, напр., сердечники колебат. контуров, дроссели, трансформаторы, магн. антенны, фазовращатели, линии задержки и т. д.

Термин «ферримagnetизм» ввел в 1948 Л. Неель, он же разработал основы теории Ф.

Лит.: Хандрих К., Кобе С., Аморфные ферро- и ферримagnetики, пер. с нем., М., 1982. См. также лит. при ст. *Магнитные материалы*.

ФЕРРИТЫ, сложные оксиды железа(III) с более основными оксидами др. металлов. Иногда Ф. наз. вообще все *ферримagnetитики* независимо от их хим. природы. Практически важные Ф. относятся к след. структурным группам.

Ф. со структурной шпинели имеют общую ф-лу $M^{II}Fe_2O_4$, где $M^{II} = Ni, Co, Mn, Mg, Cu, Fe, Zn, Cd$. Они кристаллизуются в кубич. кристаллич. решетке, пространств. группа $Fd\bar{3}m$, $z = 8$. К этой группе относится также Ф. лития $LiFe_2O_4$ (можно считать, что в нем ионы M^{2+} замещены $Li_{0.5}^{+} + Fe_{0.5}^{3+}$). В нормальных шпинелях ионы M^{2+} расположены в октаэдрич. узлах, а ионы Fe^{3+} – в тетраэдрических. В обращенных шпинелях половина ионов Fe^{3+} находится в октаэдрич. позициях, а другая половина этих ионов и ионы M^{2+} – в тетраэдрических, занимая их статистически. Большей частью существуют смешанные шпинели, в к-рых оба вида ионов располагаются и в тех и в других позициях. Ф. со структурой шпинели могут растворять значит. кол-ва Fe_2O_3 . Они могут образовывать непрерывные твердые р-ры друг с другом, Fe^{3+} может частично замещаться др. ионами – Al, Cr^{3+}, Ga, In, Sc , а также Ti^{4+} и т. д.

Ф. со структурой граната кристаллизуются в кубич. кристаллич. решетке, пространств. группа $Ia\bar{3}d$, $z = 8$, имеют общую ф-лу $R_3Fe_5O_{12}$, где $R = P3\bar{9}$ от Sm до Lu , а также Y . Важнейший из них – иттрий-железный гранат $Y_3Fe_5O_{12}$ (см. *Гранаты синтетические*). В структуре этих Ф. ионы $P3\bar{9}$ занимают додекаэдрич. позиции, $3/5$ ионов Fe^{3+} – тетраэдрические, остальные $2/5$ – октаэдрические. Ионы R могут частично замещаться ионами $P3\bar{9}$ с большими ионными радиусами (Pr, Nd, La , но не Ce), а также Bi и двухвалентными ионами Ca, Sr, Mn (в этом случае часть Fe^{3+} замещается ионами с большим зарядом – $Sn^{4+}, Zr^{4+}, Ge^{4+}, Ti^{4+}, Si^{4+}$ и даже V^{5+} и т. п.). Железо в Ф.-гранатах частично может замещаться Al, Ga, Cr^{3+}, In, Sc , причем Al и Ga преим. занимают тетраэдрические, а остальные – октаэдрич. позиции.

Гексаферриты – Ф. с гексагон. структурой типа минерала магнетопломбита $PbFe_{12}O_{19}$ (пространств. группа $P6_3/mmc$) или родственной ей. Различают неск. типов этих Ф., в частности $BaFe_{12}O_{19}$ (обозначается M , часто его называют ферроксидюром), $BaM_2Fe_{16}O_{27}$ (обозначение W , эти Ф. и последующие часто наз. ферроксипланами), $BaM_2F_{12}O_{22}$ (обозначение Y), $Ba_2M_2Fe_{24}O_{41}$ (Z), $Ba_2M_2Fe_{28}O_{46}$ (X), $Ba_4M_2Fe_{30}O_{60}$ (V), где $M = Fe^{2+}, Mn, Ni, Co, Zn, Mg$, возможна также комбинация, напр. $Li^{+} + Fe^{3+}$. Кристаллич. структуры гексаферритов построены из шпинельных блоков, разделенных гексагон. блоками, в к-рых расположены ионы Ba (они могут замещаться частично или полностью ионами Ca, Sr или Pb). Возможно замещение ионов Ba трехзарядными ионами, напр. La , при этом равное кол-во ионов Fe^{3+} замещается на Fe^{2+} . Возможно также замещение ионов Fe ионами Al, Ga или комбинацией двух- и четырехзарядных ионов.

Ортоферритами наз. группу Ф. с ромбич. структурой типа искаженной структуры минерала перовскита $CaTiO_3$ (пространств. группа $R\bar{3}m$, $z = 4$). Их ф-ла $RFeO_3$, где $R = P3\bar{9}$. Структура ортоферритов, подобно другим Ф., допускает разнообразные изоморфные замещения. Если вышеописанные группы Ф. все являются ферримagnetитиками, ортоферри-

ты – антиферромагнетики и только при очень низких т-рах (неск. град. К и ниже) становятся ферримagnetитиками.

Ф., как правило, – кристаллич. в-ва с сравнительно высокой твердостью и высокими т-рами плавления. Они не раств. в воде и орг. р-рителях, разлагаются к-тами. Устойчивы на воздухе, но при т-рах 1000 °C и выше могут диссоциировать, а содержащие Fe^{2+} и Mn^{2+} – окисляться. Соотношение катионов и анионов в Ф. может отличаться от стехиометрического при избытке или недостатке кислорода.

Поликристаллич. Ф. производят по технологии получения керамики спеканием (при т-рах от 900 до 1500 °C на воздухе или в спец. атмосфере) смесей оксидов или карбонатов, совместно упаренных р-ров солей (нитратов, сульфатов, двойных сульфатов типа шенитов) или совместно осажженных гидроксидов, оксалатов, карбонатов. Монокристаллы Ф. выращивают методами Вернейля, Чохральского, зонной плавки (см. *Монокристаллов выращивание*) обычно под давлением O_2 неск. МПа или неск. десятков МПа. Чаще используют гидротермальное выращивание в р-рах $NaOH, Na_2CO_3, NH_4Cl$ или смеси хлоридов под давлением от 20 до 120 МПа либо выращивание из р-ров в расплаве (смеси $PbO + PbF_2, PbO + V_2O_5, BaO + V_2O_5$ или более сложные) при применении в качестве исходных в-в смеси оксидов. Пленки Ф. со структурной шпинели выращивают обычно методом хим. транспортных р-ций с галогеноводородами (HCl) в качестве носителя. Пленки Ф.-гранатов и гексаферритов выращивают методом жидкостной эпитаксии из р-ров в расплаве, а также путем разложения паров, напр. β -дикетонатов металлов.

Ф. используют в качестве магн. материалов в радиотехнике, электронике, автоматике, вычислительной технике (ферритовые антенны, сердечники, элементы памяти и т. д.). Помимо описанных, известны Ф. и др. составов и структур, напр. для щелочных металлов $MFeO_2$, для щел.-зем. $M_2Fe_2O_5$ и т. д. Многие Ф. входят в состав шлаков, спец. цементов и т. п.

Лит.: Рабкин Л.И., Соскин С.А., Эпштейн Б.Ш., Ферриты. Строение, свойства, технология производства, Л., 1968; Журавлев Г.И., Химия и технология ферритов, Л., 1970; Левин Б.Е., Третьяков Ю.Д., Летюк Л.М., Физико-химические основы получения, свойства и применение ферритов, М., 1979; Летюк Л.М., Журавлев Г.И., Химия и технология ферритов, Л., 1983.

П. И. Федоров.

ФЕРРОМАГНЕТИКИ, в-ва, к-рые ниже определенной т-ры – Кюри точки T_K обладают самопроизвольной намагниченностью. К Ф. относятся переходные элементы – Fe, Co, Ni , нек-рые $P3\bar{9}$ (Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm); металлич. бинарные и многокомпонентные сплавы и соед. перечисленных металлов между собой и с др. неферромагн. элементами; сплавы и соед. Cr и Mn с неферромагн. элементами; аморфные сплавы, в т. ч. металлич. стекла, напр., состава 80% $Fe, 20\% V$; магн. жидкости; нек-рые соед. актиноидов, напр. UH_3 ; разб. р-ры замещения парамагн. атомов, напр. Fe или Co в матрице Pd .

Ф. – системы с открытыми электронными оболочками, т. е. их вырожденные молекулярные орбитали заполнены частично. Магн. моменты атомов и ионов Ф. благодаря существующему между этими частицами обменно-взаимодействию направлены одинаково, поэтому Ф. всегда намагничены. Однако в отсутствие внеш. магн. поля намагниченность макроскопич. ферромагн. образцов может не проявляться. Т. к. магн. моменты малых областей Ф. – доменов направлены различно, суммарный магн. момент м. б. равен нулю. Во внеш. магн. поле намагниченность Ф. увеличивается вследствие роста числа доменов с вектором намагниченности, близким к направлению поля, и последующего поворота магн. моментов доменов по полю. Магн. момент единицы объема $I = \chi H$, где H – напряженность поля, χ – магн. восприимчивость. С ростом H значение I увеличивается нелинейно, т. к. χ зависит от H . Для Ф., как правило, характерно явление гистерезиса – кривые намагничивания и размагничивания не совпадают (см. *Магнитные материалы*). При устранении намагничивающего поля Ф. сохраняют остаточную намагниченность. Ее можно свести к нулю, напр., нагревая Ф. выше точки Кюри. В этом случае Ф. становится парамагнетиком, а нек-рые из $P3\bar{9}$ – антиферромагнетиками.

Квантомех. теория объясняет магнетизм атомов и ионов наличием орбитального и спинного магнетизма электронов

(см. *Магнитный момент*), а также раскрывает природу обменного взаимодействия, ответственного за одинаковую ориентацию в Φ соседних атомных магн. моментов.

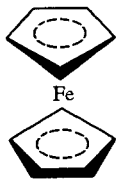
Φ подразделяют на магнитомягкие и магнитотвердые. Первые обладают малой коэрцитивной силой и значит. магн. проницаемостью. Для вторых характерны большие значения коэрцитивной силы и остаточной намагниченности.

Магнитотвердые Φ служат в осн. для изготовления постоянных магнитов. Магнитомягкие Φ используют в электротехнике (трансформаторы, электромоторы, генераторы и др.), для изготовления магнитопроводов, элементов памяти ЭВМ, в устройствах преобразования электромагн. энергии в механическую и наоборот и т. д.

Лит. см. при ст. *Магнитные материалы*.

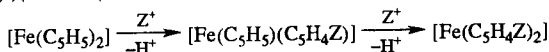
ФЕРРОСПЛАВЫ (см. *Железа сплавы*).

ФЕРРОЦЕН [бис(η-циклопентадиенил)железо], оранжевые кристаллы; т. пл. 173 °C, т. кип. 249 °C; плотн. 1,49 г/см³ (25 °C); устойчив до 470 °C; возгоняется при атм. давлении; раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде; устойчив к действию воздуха, горячей конц. водной HCl и 10%-ной водной NaOH.



В кристаллич. состоянии молекула Φ находится в заторможенной антипризматич. конформации; в газовой фазе может существовать в заслоненной конформации. Молекула неполярна, диамагнитна, связи Fe—C ковалентны. Φ относится к небензоидным ароматич. системам. Для него характерны три типа хим.

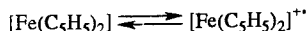
превращений: замещение водорода в C_5H_5 -кольцах без разрыва связей Fe—C, окисление по атому Fe и разрыв связи Fe—C. Р-ции электроф. замещения приводят к моно- и гетероаннуляриным (содержащим заместители в разных циклах) дизаменш. Φ :



Дизамененные Φ , содержащие заместитель в одном цикле (гомоаннуляриные) и тризамененные Φ , образуются в незначит. кол-ве. Таким образом протекают ацилирование, формилирование, алкилирование, сульфирование, аминотетилирование, арилирование, металлизирование. Р-ции электроф. замещения для Φ протекают легче, чем для бензола. Общее влияние заместителя на реакц. способность Φ аналогично влиянию в бензольном ряду. Ярко выраженных правил ориентации при вступлении второго заместителя в пятичленное кольцо не обнаружено. Ферроценильная группа $[Fe(C_5H_5)(C_5H_4)]$ во мн. р-циях переходит без изменения из соединения в соединение.

При взаимодейств. Φ с аренами в присут. $AlCl_3/Al$ одно кольцо замещается на арен и образуется катион $[Fe(C_5H_5)(арен)]^+$.

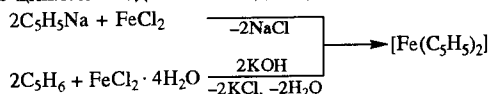
Φ легко и обратимо окисляется до катион-радикала ферроценния (окислители: O_2 воздуха в кислой среде, HNO_3 , $FeCl_3$, I_2 , Ag^+ , Cu^{2+} , H_2O_2 , хиноны, N-бромсукцинимид, тетрацианоэтилен и др.):



Окисление протекает без заметных изменений в геометрии Φ . Разбавленные р-ры солей ферроценния окрашены в синий цвет, концентрированные — в красный. Катион ферроценния образуется также при электрохим. окислении Φ и при действии на него галогенов и орг. пероксидов.

Связь Fe—C в Φ мало реакционноспособна; разрывается при действии очень сильных восстановителей: H_2 в присут. Ni-Ренея (300 °C, 2,5 МПа) либо р-ров щелочных металлов в жидком NH_3 или аминах.

Синтезируют Φ действием циклопентадиенида Na (Li, K, Tl) или циклопентадиенилмагнийбромидом на галогениды Fe^{2+} либо из циклопентадиена и соед. Fe, напр.:



Возможно прямое образование Φ из Fe и C_5H_6 при 300 °C.

Φ и его производные предложено использовать в качестве добавок, улучшающих эксплуатац. св-ва моторных масел и топлив. Полимеры на основе производных Φ высоко термически стабильны, обладают ценными электрич. и магн. св-вами. Добавки Φ оказывают ингибирующее действие при термо- и фотораспаде и окислении полимерных материалов. Нек-рые производные Φ используются как лекарства для лечения железодефицитной анемии (напр., натриевая соль о-карбоксибензоилферроцена, или ферроцерон). Предложены светочувствит. материалы и композиции на основе Φ .

Впервые получен П. Посоном и Дж. Уилкинсоном, что привело к бурному развитию химии *металлоценов*.

Лит.: Несмеянов А. Н. Ферроцен и родственные соединения. Избранные труды, 1969–1979, М., 1982; Перевалова Э. Г., Решетова М. Д., Грайдеберг К. И., Методы элементоорганической химии. Железоорганические соединения. Ферроцен, М., 1983.

Л. В. Рыбин.

ФЕРТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ в радиохимии и ядерной энергетике, в-ва, содержащие радионуклиды ^{238}U и ^{232}Th , к-рые сами по себе не способны к цепной р-ции деления и поэтому непосредственно не используются в ядерных реакторах. Однако в результате ядерных превращений под действием нейтронов эти нуклиды м. б. превращены в радионуклиды, способные к цепной р-ции деления (см. *Ядерные реакции*).

Радионуклид ^{238}U доминирует в прир. смеси изотопов урана, тогда как способный к цепной р-ции деления ^{235}U относится к редким изотопам. Однако, если ^{238}U находится в ядерном реакторе в смеси, обогащенной ^{235}U , ядра ^{238}U взаимодейств. с нейтронами, высвобождающимися при делении ^{235}U . При этом сначала образуется ^{239}U по р-ции $^{238}U(n, \gamma)^{239}U$, затем наблюдаются два β -распада: $^{239}U \xrightarrow{\beta^-} ^{239}Np \xrightarrow{\beta^-} ^{239}Pu$. Образующийся ^{239}Pu способен, как и ^{235}U , к цепной р-ции деления.

Содержание прир. нуклида ^{232}Th в земной коре выше, чем урана. В ядерный реактор его загружают вместе с урановой смесью, обогащенной ^{235}U . В результате ядерных превращений $^{232}Th(n, \gamma)^{233}Th \xrightarrow{\beta^-} ^{233}Pa \xrightarrow{\beta^-} ^{233}U$ образуется ^{233}U , к-рый способен к цепной р-ции деления и м. б. использован как вторичное ядерное топливо.

Применение Φ м. позволяет накапливать в ядерных реакторах в ходе их работы новые порции делящихся материалов. Это очень важно, т. к. ^{235}U дефицитен и возможности развития ядерной энергетики только на его использовании весьма ограничены.

Лит.: Ядерная технология, М., 1979.

С. С. Бердоносков.

ФИБРИЛИРОВАННЫЕ НИТИ (плёночные нити, рафия), получают из одноосно ориентир. полимерных плёнок (полиолефиновых, полиамидных, полиэфирных, фторуглеродных и др., а также плёнок из смесей полимеров).

Процесс получения Φ н. непрерывный и включает следующие осн. стадии: формирование плёнок (см. *Плёнки полимерные*), их разрезание на полоски, вытягивание с фибриллизацией (продольным расщеплением), термич. обработку и приему на паковки.

Сформованная плёнка разрезается на полоски шириной от 1 до 20 мм, подвергается вытягиванию в 4–10 раз, а также последующей термич. обработке под натяжением. Эти операции проводятся на тянущих вальцах при нагреве полосок (благодаря их контакту с нагретой пов-стью вальцов или при прохождении шелевой термокамеры между нагретыми плитами). На стадии термич. вытяжки происходит частичная или полная фибриллизация плёночных полосок.

Для облегчения фибриллизации плёночных полосок их обрабатывают перед вытягиванием игольчатым валиком, наносящим на пов-сть продольные царапины; применяют ложное (см. *Текстурированные нити*) или истинное кручение перед приёмкой нитей на паковки; вводят в расплав полимера мелкодисперсные добавки, являющиеся центрами трещинообразования; формируют плёнки из гетерогенных смесей несмешивающихся полимеров.

Продольная фибриллизация происходит вследствие возникновения на стадии вытягивания анизотропной надмол. структуры, к-рая облегчает образование продольных трещин вследствие возникновения сдвиговых напряжений в местах дефектов или структурных неоднородностей.

Полученные нити и жгутики могут подвергаться заключит. обработке *текстильно-вспомогательными веществами*, после чего принимаются на раздельные пакетки с одновременным кручением или без него.

Кроме Ф. н., подобным путем м. б. получены также штапельные волокна. Для этого нити собирают в общий жгут, к-рый подвергают гофрировке и резке. Эти операции, а также упаковку осуществляют, как и при произ-ве др. видов штапельных волокон.

Элементарные нити и штапельные волокна, получаемые фибриллизацией пленок, имеют в поперечном сечении вид прямоугольников (иногда частично нарушенных или имеющих дугообразную форму) с толщиной, равной толщине пленки после вытягивания (15–35 мкм), и обладают большой полидисперсностью по поперечным размерам. Их линейная плотн. колеблется от 0,8 до 8 текс.

Вследствие статистически случайного трещинообразования при фибриллизации, элементарные нити соединены друг с другом и образуют в комплексном волокне сетку; линейная плотн. Ф. н. и жгутиков 100–3000 текс.

Мех. св-ва Ф. н. близки к таковым для техн. нитей из аналогичных полимеров; для нек-рых Ф. н. эти св-ва приведены в табл.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ФИБРИЛИРОВАННЫХ НИТЕЙ

Показатели	Виды нитей				
	полиэтиленовые высокой плотн.	полиэтиленовые низкой плотн.	полипропиленовые	полиакрилонамидные	полиэтилен-терефталатные
Плотн., г/см ³	0,95–0,96	0,91–0,93	0,91–0,92	1,13–1,14	1,38–1,39
Модуль деформации, МПа	3000–6000	1000–2000	2000–5000	3000–5000	4000–10000
Удлинение, %	15–25	35–40	35–60	40–55	20–30
Относит. прочность, сН/текс	35–60	20–30	35–60	40–55	40–50
Усадка в воде при 100 °С, %	4–8	30–40	2–5	5–10	4–7
Усадка на воздухе при 115 °С, %	3–7	—	1–3	—	—

В пром-сти Ф. н. производят гл. обр. из пленок, получаемых из полипропилена и полиэтилена высокой плотности (из-за их дешевизны).

Ф. н. используют в произ-ве канатно-веревочных изделий, упаковочного шпагата, рыболовных снастей, техн. и бытовых тканей (тарных, укрывочных, фильтровальных, мебельных и др.), вязанных сеток, нетканых материалов, основы ковров, ковровых изделий и линолеума, галантерейных и шляпных изделий, искусств. травяных покрытий и др.

Получение Ф. н. впервые начато в 1962–63 почти одновременно в США, Японии и Великобритании; их мировое произ-во превышает 1,5 млн. т в год (1991).

Лит.: Производство технических тканей из полиолефиновых пленочных нитей, М., 1983; Зверев М. П., Абдулхакова З. З., Волокнистые материалы из ориентированных полимерных пленок, М., 1985; Половинкина Л. А. [и др.], «Химические волокна», 1989, № 1, с. 45–47.

К. Е. Перепелкин.

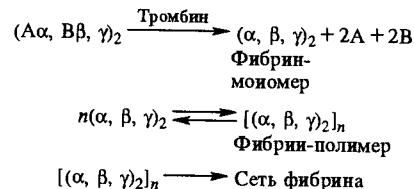
ФИБРИН, белок, образующийся из фибриногена под действием фермента *тромбина*; конечный продукт свертывания крови, структурная основа тромба.

Предшественник Ф. (фибриноген) – гликопротеин (мол. м. 340 тыс.), содержащий две одинаковые субъединицы,

каждая из к-рых состоит из трех разл. полипептидных цепей Аα (мол. м. 67 тыс.), Вβ (мол. м. 56 тыс.) и γ (47 тыс.); ф-ла фибриногена (Аα, Вβ, γ)₂ (А и В – N-концевые последовательности соотв. α- и β-цепей, к-рые наз. фибринопептидами А и В).

В молекуле фибриногена находится 24 связи S – S, три из к-рых связывают 6 полипептидных цепей в N-концевых областях, формируя центральный, или Е-домен. Два идентичных крайних D-домена включают С-концевые области α-, β- и γ-цепей (молекула имеет форму гантели).

Переход фибриногена в Ф. происходит по схеме:



Активация перехода фибриногена в Ф. происходит в Е-домене, в N-концевых областях Аα- и Вβ-цепей. Она начинается с гидролиза тромбином пептидных связей, образованных Arg-15 и Gly-16 в α-цепи (букв. обозначения см. в ст. *Аминокислоты*). При этом высвобождаются две молекулы фибринопептида А и формируются два участка полимеризации, к-рые спонтанно взаимодей. с комплементарными центрами полимеризации, расположенными в С-концевых областях D-доменов двух др. молекул. Нековалентное межмол. взаимодействие между Е- и D-доменами ведет к образованию двухнитчатого полимера.

След. этап активации – отщепление двух молекул фибринопептида В в результате гидролиза тромбином пептидной связи между остатками Arg-14 и Gly-15 в β-цепи, в результате чего формируются два дополнит. участка полимеризации в Е-домене фибрин-мономера, комплементарных двум центрам в D-доменах. Скорость отщепления фибринопептидов В увеличивается в процессе полимеризации фибрин-мономеров. Растущие изначально только в длину протофибриллы Ф. начинают утолщаться и ветвиться. Фибриллы ассоциируются латерально, превращаясь в толстые, скрученные наподобие спирали волокна трехмерной сети фибринового сгустка.

Структура фибринового сгустка стабилизируется транспептидазой, или фактором XIIIа, к-рый в присут. Са²⁺ катализирует образование поперечных «сшивок» между антипараллельными γ-цепями путем образования ковалентных изопептидных связей между Gln-398 одной цепи и Lys-406 другой (в результате р-ции трансамидирования). В последующем образуются изопептидные связи между α-цепями, в к-рых участвуют остатки Gln-328 и Lys-518, а также Gln-366 и Lys-584 с образованием α-α-мультимеров, что обуславливает латеральный рост фибриновых волокон.

От структуры фибринового сгустка и степени его стабилизации зависят мех. св-ва сгустка, такие, как эластичность и прочность. Это важно для выполнения им гемостатич. ф-ций, поскольку он является основой гемостатич. тромба, препятствующего истечению крови из сосудов при нарушении их целостности при разл. рода повреждениях. Генетич. аномалии молекулы фибриногена и низкая концентрация фактора XIIIа в крови приводят к ненормальной полимеризации и образованию фибринового сгустка с нарушенными физ. св-вами, что ведет к ряду патологич. состояний, сопровождающихся кровоточивостью или тромботич. осложнениями у больных.

Ф. является также прир. субстратом *плазмина*, к-рый регулирует процесс фибринолиза, приводящий к растворению фибриновых сгустков и тромбов. Высокое сродство Ф. к предшественнику плазмина (плазминогену) и его тканевому активатору обеспечивает возможность образования плазмина непосредственно на пов-сти полимерного фибрина, или тромба.

Лит.: Овчинников Ю. А., Биохимическая химия, М., 1987, с. 234–36; Медведь Л. В., Литвинович С. В., «Биохимия животных и человека», 1989, № 13, с. 18–27; Позднякова Т. М., там же, с. 27–36.

И. П. Баскова.

ФИБРИНОГЕН, см. Фибрин.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГИДРОДИНАМИКА, изучает механизм и количеств. закономерности процессов переноса в-ва, энергии и импульса через межфазную границу в гетерогенных системах, а также при хим. и фазовых превращениях на границе раздела фаз. Основными объектами исследования являются подвижные среды – жидкие, газообразные, псевдоожженные – и их физико-хим. взаимодействия с ограничивающими твердыми стенками. Процессы переноса, изучаемые Ф.-х. г., протекают в газо-жидкостных хим. реакторах, ректификационных колоннах, абсорберах, скрубберах, отстойниках, кристаллизаторах, электролизерах и др., при сжигании топлива и теплообмене в энергетич. установках, при добыче и обогащении полезных ископаемых на предприятиях нефтяной, газовой и горноперерабатывающей пром-сти.

Первоначально Ф.-х. г. изучала тепло- и массоперенос при конвективном движении среды, сопровождающий прохождение электрич. тока в р-рах электролитов, абсорбцию и экстракцию при движении капель, пузырьков газа, твердых частиц и тонких жидких пленок; исследовалось также влияние ПАВ на волновое движение и массоперенос на пов-сти жидкости и т.п. В подобных системах вблизи межфазной границы образуется гидродинамич. пограничный слой δ_0 , скорость течения внутри к-рого постепенно меняется от скорости движения одной фазы (u_1) до скорости движения др. фазы (u_2). Толщина слоя δ_0 и картина течения внутри него помимо скоростей u_1 и u_2 зависят от вязкости и плотности движущихся фаз, типа течения и др. характеристик контактирующих сред. Напр., вблизи неподвижной твердой стенки, обтекаемой потоком жидкости, внутри пограничного слоя скорость жидкости постепенно нарастает от нуля у твердой стенки до скорости потока u . Если в жидкости содержится к.-л. активный компонент А, участвующий в гетерогенных превращениях или адсорбирующийся на твердой стенке, концентрация этого компонента меняется от значения C_A^* на стенке до C_A^* в потоке, что создает внутри жидкости диффузионный пограничный слой (толщина δ_g). Перенос компонента А в диффузионном слое δ_g вблизи межфазной границы осуществляется путем конвективной диффузии в поле постепенно ускоряющейся жидкости. Расчет скорости массообмена в описанных условиях составляет одну из типичных задач Ф.-х. г.

Ф.-х. г. заменила феноменологич. теории, использовавшиеся для описания конвективной диффузии и теплопереноса в физ.-хим. системах, из к-рых была наиб. распространена «пленочная» теория (модель Нернста), принимавшая существование вблизи твердой стенки слоя δ_g неподвижной жидкости. Успехи Ф.-х. г. связаны в первую очередь с последоват. применением представлений и расчетного аппарата гидродинамики, а также методов теоретич. физики к случаям конвективного тепло- и массопереноса.

Систему ур-ний Ф.-х. г. составляют ур-ния переноса в-ва, кол-ва движения и энергии, получаемые на основе баланса перечисленных величин внутри произвольно выбранного элементарного объема среды (см. также *Массообмен, Переноса процессы, Теплообмен*).

Задачи, решаемые Ф.-х. г., условно делят на внешние, внутренние и смешанные в зависимости от протяженности фазы, определяющей скорость процесса переноса, и толщины пограничного слоя вблизи межфазной границы, где происходит осн. изменение концентрации, т-ры или скорости движения среды. Напр., расчет массопереноса компонента А к одиночной капле, движущейся в потоке др. жидкости (экстракция), сводится к разл. задачам: если лимитирующей стадией является перенос компонента А в окружающем каплю потоке, говорят о внешней задаче. Напротив, если лимитирующей является конвективная диффузия внутри капли, а толщина слоя δ_g м.б. соизмерима с радиусом капли r_0 , задача становится внутренней. Наконец, если скорости переноса А снаружи и внутри капли соизмеримы, расчет массопереноса приводит к смешанной задаче. Внеш. задачи характерны для конвективного тепло- и массопереноса в потоках, обтекающих одиночные твердые тела, капли,

пузырьки газа или пара и т.п. Внутр. задачи возникают при расчете гидродинамич. сопротивления, тепло- и массопереноса внутри труб, каналов, пленок и т.д. Смешанные задачи типичны для процессов переноса в насадочных слоях, барботерах, фильтрах и пр., где существенно взаимное влияние элементов диспергированной фазы.

Для решения ур-ний конвективного переноса применяют стандартные методы мат. физики, спец. интегральные методы, методы теории размерностей и подобия. Последние особенно полезны для получения качеств. зависимостей, при *масштабном переходе*; разработаны численные методы (конечных разностей, граничных элементов и др.) и компьютерное моделирование.

Для получения количеств. соотношений, описывающих скорость процессов переноса вблизи межфазной границы, в Ф.-х. г. используют два подхода: 1) изучают т. наз. элементарный акт процесса, а затем проводят статистич. описание множества одновременно протекающих «элементарных актов» в макроскопич. системе; 2) вводят эффективные значения физико-хим. параметров системы, усредненных по всей макросистеме или по ее части, и решают ур-ния переноса для указанных эффективных параметров. При таком подходе оказывается необходимым ввести эффективные значения транспортных св-в среды (вязкости, коэф. диффузии и трения и др.). Выявление связи эффективных значений с характеристиками и структурой среды составляет самостоят. задачу. Напр., при разработке аппаратуры для хим. реакторов и технол. процессов разделения (абсорбции, экстракции, ректификации и др.) широко используют результаты исследования переноса импульса и в-ва между потоком жидкости или газа и одиночными дисперсными включениями (твердыми, жидкими или газообразными). Напротив, при описании фильтрования, хим. превращений в насадочных и псевдоожженных слоях, токообразования в пористых электродах и т.п. удобно применять эффективные значения скорости потока, гидравлич. сопротивления, вязкости, концентрации, электрич. потенциала и др. параметров.

Полученные в результате расчетов значения скорости массо(тепло)переноса, т.е. локальное β_x или среднее β значение коэф. массо(тепло)передачи на межфазной границе, обычно представляют в виде безразмерных величин – локального ($Sh_x = \beta_x x / D$) или среднего ($Sh = \beta l / D$) значений числа Шервуда, где x и l соотв. текущее значение координаты на пов-сти и характерный линейный размер рассматриваемой системы, D – коэф. диффузии. В установившемся потоке вязкой жидкости величины Sh_x и Sh связаны с гидродинамич. параметрами потока (числом Рейнольдса Re) и транспортными св-вами среды (числом Шмидта Sc или числом Прандтля Pr) зависимостью степенного вида. Напр., в случае конвективной диффузии к пов-сти вращающегося диска (одной из классич. задач Ф.-х. г.) указанная зависимость имеет вид $Sh = 0,62 Re^{0.5} Sc^{0.33}$. При турбулентном режиме течения показатели степени меняются. Исследование зависимости Sh от Sc послужило важным методом изучения структуры турбулентного пограничного слоя и использовалось при расчете теплопередачи в жидкометаллич. теплоносителях. Представленная в виде безразмерных критериев скорость переноса удобна для сопоставления данных, полученных в разных условиях эксперимента. Критериальные зависимости используют при конструировании пром. аппаратов, при осуществлении масштабного перехода от лаб. к реальным установкам.

Ф.-х. г. изучает также нарушения устойчивости конвективного потока под влиянием тепло- и массопереноса, ускорение процессов обмена под влиянием вторичных потоков, интенсивный тепло- и массообмен на межфазной границе, процессы переноса в системах, где происходит контакт трех фаз (напр., в газовых диффузионных электродах).

Лит.: Левич В. Г., Физико-химическая гидродинамика, 2 изд., М., 1959; Кафаров В. В., Основы массопередачи, 2 изд., М., 1972; Берд Р., Стьюарт В., Лайфрут Е., Явления переноса, пер. с англ., М., 1974; Франк-Камеицкий Д. А., Диффузия и теплопередача в химической кинетике, 3 изд., М., 1987.

В. Ю. Филиновский.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, раздел коллоидной химии, изучающий мех. (реологич.) св-ва дисперсных систем и материалов, а также влияние среды на разрушение, деформацию и диспергирование твердых и жидких тел. Ф.-х. м. возникла в 30–40-х гг. 20 в. и оформилась как самостоят. научная дисциплина в 50-х гг. в осн. благодаря работам П. А. Ребиндера. В 1928 им был установлен эффект адсорбционного понижения прочности твердого тела, находящегося в напряженном состоянии вследствие обратимой адсорбции на его пов-сти частиц из окружающей среды (э ф ф е к т Р е б и н д е р а). Впоследствии было обнаружено, что поверхностными процессами, приводящими к эффекту Ребиндера, помимо адсорбции, м. б. смачивание (особенно твердых тел расплавами, близкими по мол. природе), электр. заряджение пов-сти, хим. р-ции. К проявлениям эффекта Ребиндера относят, помимо многократного снижения прочности, также хрупкое разрушение металлов в контакте с металлич. расплавом, растрескивание стекол, керамики и горных пород в присут. воды, разрушение твердых полимерных материалов под влиянием орг. р-рителей. Другая форма проявления эффекта Ребиндера – пластифицирующее действие среды на твердые материалы, напр. воды на гипс, орг. ПАВ на металлы.

Совр. Ф.-х. м. развивается на основе представлений об определяющей роли физико-хим. явлений на границе раздела фаз – смачивания, адсорбции, адгезии и др. – во всех процессах, обусловленных взаимодей. между частицами дисперсной фазы, в т. ч. структурообразования (см. *Структурообразование* в дисперсных системах). Коагуляционные структуры, в к-рых взаимодей. частиц ограничивается их соприкосновением через прослойку дисперсионной среды, определяют вязкость, пластичность, тиксотропное поведение жидких дисперсных систем, а также зависимость сопротивления сдвигу от скорости течения. Структуры с фазовыми контактами образуются в кристаллич. и аморфных твердых телах и дисперсных материалах при спекании, прессовании, изотермич. перегонке, а также при выделении новой высокодисперсной фазы в пересыщенных р-рах и расплавах, напр. в минер. связующих или полимерных материалах. Мех. характеристики таких тел – прочность, долговечность, износостойкость, упруго-пластич. св-ва и упруго-хрупкое разрушение – обусловлены силами сцепления в контактах, числом контактов (на 1 см^2 пов-сти раздела фаз), типом контактов, дисперсностью системы и могут изменяться в широких пределах. Так, для глобулярной пористой монодисперсной структуры прочность материала может варьировать от 10 до 10^8 Н/м^2 . Возможно образование иерархич. уровней дисперсной структуры: первичные частицы – их агрегаты – флоккулы – структурированный осадок. Сплошные материалы, в частности металлы и сплавы, в рамках представлений Ф.-х. м. рассматриваются как предельный случай полного срастания зерен структуры с фазовыми контактами.

На основе изучения скорости структурообразования, типа возникающих контактов и их прочности Ф.-х. м. разрабатывает способы эффективного управления структурно-мех. св-вами материалов при оптим. сочетании состава среды и мех. воздействий. Установлено, что малые добавки ПАВ позволяют при правильном их выборе радикально изменять св-ва данной границы раздела фаз в нужном направлении, обеспечивая хорошее сцепление частиц либо, наоборот, ослабляя и преодолевая силы сцепления. Так, в лиофобных системах (стеклянные частицы в углеводородных средах, гидрофобизованные пов-сти в полярных жидкостях) свободная энергия в коагуляционных контактах достигает величин порядка 10^{-6} Дж/см^2 , а в лиофильных системах (напр., гидрофобизованные слоями ПАВ полярные частицы в углеводородной среде) – порядка 10^{-9} Дж/см^2 .

Для Ф.-х. м. характерно всестороннее изучение структурно-реологич. характеристик материалов, в т. ч. в области неединичного поведения, при широком варьировании условий (напряженного состояния, т-ры, состава среды, пересыщенный и т. п.); непосредственное эксперим. изучение элементарных актов при контактных взаимодействиях; разнообразие мех. испытаний твердых тел и материалов в активных средах;

использование мат. моделирования и численных методов для изучения реологич. св-в и анализа влияния среды на мол. уровне.

В области практич. разработок Ф.-х. м. выделяет след. направления:

1) Получение материалов с заданной структурой и совокупностью мех. и физико-хим. характеристик; гл. обр. это полимерные материалы, керамика, катализаторы, сорбенты.

2) Применение методов диспергирования и управления реологич. св-вами среды в гетерогенных химико-технол. процессах, напр. при произ-ве бумаги, в текстильной и лакокрасочной пром-сти, при получении теста и кондитерских масс, при гидротранспорте высококонцентрир. дисперсных жидкостей, затворении цементного р-ра, подготовке асфальтобетон, формовочных земель, составлении композиций в порошковой металлургии, топливных композиций, закреплении грунтов.

3) Выяснение условий проявления эффекта Ребиндера для облегчения обработки металла резанием, бурения твердых горных пород (в частности, при проходке туннелей), измельчении руды перед обогащением, тонкого диспергирования цементного клинкера. Адсорбционно-активная среда может наносить и существ. вред, поэтому важно устанавливать вредное влияние среды и предотвращать снижение долговечности деталей машин и материалов в условиях эксплуатации.

4) Оптимизация контактных взаимодей. при сцеплении пов-стей при обработке металлов давлением, в условиях граничного трения и износа узлов в машинах, механизмах и приборах, а также оптимизация смазочного действия, формирования покрытий и пр.

Лит.: Физико-химическая механика дисперсных структур, М., 1966; Успехи коллоидной химии, М., 1973; Ребиндер П. А., Избранные труды, т. 2, М., 1979; Шуклин Е. Д., Перцов А. В., Амелина Е. А., Коллоидная химия, М., 1982; Физико-химическая механика природных дисперсных систем, М., 1985; Успехи коллоидной химии, Таш., 1987; Поверхностные пленки воды в дисперсных структурах, М., 1988; Урьев Н. Б., Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов, М., 1988.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА, основаны на зависимости физ. св-в в-ва от его природы, причем аналит. сигнал представляет собой величину физ. св-ва, функционально связанную с концентрацией или массой определяемого компонента. Ф.-х. м. а. могут включать хим. превращения определяемого соед., растворение образца, концентрирование анализируемого компонента, маскирование мешающих в-в и др. В отличие от «классич.» химических методов анализа, где аналит. сигналом служит масса в-ва или его объем, в Ф.-х. м. а. в качестве аналит. сигнала используют интенсивность излучения, силу тока, электропроводность, разность потенциалов и др.

Важное практич. значение имеют методы, основанные на исследовании испускания и поглощения электромагн. излучения в разл. областях спектра. К ним относятся спектроскопия (напр., люминесцентный анализ, спектральный анализ), нефелометрия и турбидиметрия и др. К важным Ф.-х. м. а. принадлежат электрохим. методы, использующие измерение электрич. св-в в-ва (вольтамперметрия, кондуктометрия, кулонометрия, потенциометрия и т. д.), а также хроматография (напр., газовая хроматография, жидкостная хроматография, ионообменная хроматография, тонкослойная хроматография). Успешно развиваются методы, основанные на измерении скоростей хим. р-ций (кинетические методы анализа), тепловых эффектов р-ций (термометрич. титрование, см. *Калориметрия*), а также на разделении ионов в магн. поле (масс-спектрометрия).

При выполнении Ф.-х. м. а. используют специальную, иногда довольно сложную, измерит. аппаратуру, в связи с чем эти методы часто наз. и н с т р у м е н т а л ь н ы м и. Многие совр. приборы оснащены встроенными ЭВМ, к-рые позволяют находить оптим. условия анализа (напр., спектральную область получения наиб. точных результатов при анализе смеси окрашенных в-в), выполняют расчеты и т. д.

Почти во всех Ф.-х. м. а. применяют два основных приема: методы прямых измерений и титрования. В прямых методах используют зависимость аналит. сигнала от природы

анализируемого в-ва и его концентрации. Зависимость сигнала от природы в-ва — основа качеств. анализа (потенциал полуволны в полярографии и т. д.). В нек-рых методах связь аналит. сигнала с природой в-ва установлена строго теоретически. Напр., спектр атома водорода м. б. рассчитан по теоретически выведенным ф-лам. В количеств. анализе используют зависимость интенсивности сигнала от концентрации в-ва. Чаще всего она имеет вид $I = a + bc$ (ур-ние связи), где I — интенсивность сигнала (сила диффузионного тока в полярографии, оптич. плотность в спектрофотометрии и т. д.), c — концентрация, a и b — постоянные, причем во мн. случаях $a = 0$ (спектрофотометрия, полярография и др.). В ряде Ф.-х. м. а. ур-ние связи установлено теоретически, напр. закон Бутера—Ламберта—Бера (*фотометрический анализ*), ур-ние Ильковича (вольтамперометрия).

Численные значения констант в ур-нии связи определяют экспериментально с помощью стандартных образцов, стандартных р-ров и т. д. Только в кулонометрии, основанной на законе Фарадея, не требуется определение констант.

Наиб. распространение в практике получили след. методы определения констант ур-ния связи или, что то же самое, методы количеств. анализа с помощью физ.-хим. измерений:

1) Метод градуировочного графика. Измеряют интенсивность аналит. сигнала у неск. стандартных образцов или стандартных р-ров и строят градуировочный график в координатах $I = f(c)$ или $I = f(\lg c)$, где c — концентрация компонента в стандартном р-ре или стандартном образце. В тех же условиях измеряют интенсивность сигнала у анализируемой пробы и по градуировочному графику находят концентрацию.

2) Метод молярного св-ва применяют в тех случаях, когда ур-ние связи $I = bc$ соблюдается достаточно строго. Измеряют аналит. сигнал у неск. стандартных образцов или р-ров и рассчитывают $b = I_{\text{ст}}/c_{\text{ст}}$; если $c_{\text{ст}}$ измеряется в моль/л, то b — молярное св-во. В тех же условиях измеряют интенсивность сигнала у анализируемой пробы I_x и по соотношению $c_x = I_x/b$ или $c_x = c_{\text{ст}} I_x/I_{\text{ст}}$ рассчитывают концентрацию.

3) Метод добавок. Измеряют интенсивность аналит. сигнала пробы I_x , а затем интенсивность сигнала пробы с известной добавкой стандартного р-ра $I_{x+\text{ст}}$. Концентрацию в-ва в пробе рассчитывают по соотношению $c_x = c_{\text{ст}} I_x / (I_{x+\text{ст}} - I_x)$.

Методы титрования. Измеряют интенсивность аналит. сигнала I в зависимости от объема V добавленного титранта. По кривой титрования $I = f(V)$ находят точку эквивалентности и рассчитывают результат по обычным ф-лам титриметрич. анализа (см. *Титриметрия*).

Ф.-х. м. а. часто используют при определении низких содержания (порядка $10^{-3}\%$ и менее), где классич. хим. методы анализа обычно неприменимы. В области средних и высоких концентраций хим. и Ф.-х. м. а. успешно конкурируют между собой, взаимно дополняя друг друга. Ф.-х. м. а. развиваются в направлении поиска новых хим.-аналит. св-в в-ва, увеличения точности анализа, конструирования новых предизонных аналит. приборов, совершенствования существующих методов и автоматизации анализа. Интенсивно развивается в последнее время *проточно-инжекционный анализ* — один из наиб. универсальных вариантов автоматизир. анализа, основанный на дискретном введении микрообъемов анализируемого р-ра в поток жидкого носителя с реагентом и последующего детектирования смеси тем или иным физ.-хим. методом.

Деление аналит. методов на физ., хим. и физ.-хим. весьма условно. Часто к Ф.-х. м. а. относят, напр., ядерно-физ. методы. В последнее время наметилась тенденция делить методы анализа на хим., физ. и биол. — вовсе без физ.-химических.

Лит.: Практикум по физико-химическим методам анализа, под ред. О. М. Петрухина, М., 1986; Физико-химические методы анализа, под ред. В. Б. Алесковского, Л., 1988; Васильев В. П., Аналитическая химия, ч. 2. Физико-химические методы анализа, М., 1989; Юнг Г., Инструментальные методы химического анализа, пер. с англ., М., 1989; Пиллсбери А. Т., Пятницкий И. В., Аналитическая химия, М., 1990; Дорохова Е. Н., Прохорова Г. В., Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа, М., 1991; Золотов Ю. А., Аналитическая химия: проблемы и достижения, М., 1992.

В. П. Васильев.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, изучает зависимости между составом и св-вами макроскопич. систем, составленных из неск. исходных в-в (компонентов). Для Ф.-х. а. характерно представление этих зависимостей графически, в виде *диаграммы состав—свойство*; применяют также таблицы числовых данных и аналит. записи. Т. к. св-ва системы зависят не только от ее состава, но и от др. факторов, определяющих состояние системы, — давления, т-ры, степени дисперсности, напряженностей гравитац. и электромагн. полей, а также времени наблюдения, — то в общей форме говорят о диаграммах фактор равновесия — св-во, или о физ.-хим. (химических) диаграммах. На этих диаграммах все хим. процессы, происходящие в системах при изменении к.-л. фактора равновесия, как то — образование и распад хим. соед., появление и исчезновение твердых и (или) жидких р-ров и т. п., выражаются как геом. изменения комплекса линий, пов-стей и точек, к-рый образует диаграмму. Поэтому анализ геометрии диаграмм позволяет делать заключения о соответствующих процессах в системе.

Два осн. принципа Ф.-х. а. были сформулированы Н. С. Курнаковым. Согласно принципу соответствия, каждой совокупности фаз, находящихся в данной системе в равновесии в соответствии с *фаз правилом*, на диаграмме отвечает определенный геом. образ. На основании этого принципа Н. С. Курнаков определил Ф.-х. а. как геом. метод исследования хим. превращений.

Второй осн. принцип Ф.-х. а., наз. принципом непрерывности, формулируется след. образом: при непрерывном изменении параметров, определяющих состояние системы, св-ва отдельных ее фаз изменяются непрерывно. Св-ва же системы в целом изменяются также непрерывно, но при условии, что не возникают новые фазы и не исчезают старые; если же число фаз меняется, то изменяются и св-ва системы, причем, как правило, скачкообразно.

Третий принцип Ф.-х. а. был предложен Я. Г. Горощенко. Он утверждает, что любой набор компонентов, независимо от их числа и физ.-хим. св-в, может составить систему (принцип совместности). Из него следует, что диаграмма любой системы содержит все элементы частных систем (подсистем), из к-рых она составлена. В общей системе элементы трансляции частных систем совмещаются с геом. образами на хим. диаграмме, возникающими как отображение процессов, протекающих с участием всех компонентов общей системы.

Одним из осн. направлений теории Ф.-х. а. является изучение топологии хим. диаграммы. Преимущество Ф.-х. а. как метода исследования заключается в том, что он не требует выделения продукта хим. взаимодействия компонентов из реакционной смеси, вследствие чего метод позволяет исследовать хим. превращения в р-рах, сплавах (особенно металлических), стеклах и т. п. объектах, к-рые практически невозможно исследовать с применением классич. препаративно-синтетич. методов. Широкое использование Ф.-х. а. получил при исследовании комплексобразования в р-рах с целью выяснения состава и определения устойчивости хим. соединений. График состав — св-во имеет обычно один экстремум, как правило, максимум. В простых случаях максимум соответствует молярному отношению компонентов системы, представляющему стехиометрию комплексного соед. В общем случае точки экстремумов на кривых (или пов-стях) св-в, а также точки перегибов не отвечают составу образующихся в системе хим. соед., но в пределе, когда степень диссоциации хим. соед. равна нулю, непрерывная кривая зависимости св-ва от состава распадается на две ветви, пересекающиеся в сингулярной точке, абсцисса к-рой отвечает составу хим. соединения.

Диаграммы состав — св-во лежат в основе аналит. методов (колориметрия, потенциометрия и др.). Для использования к.-л. св-ва в аналит. целях желательно, чтобы существовала аддитивная зависимость значений этого св-ва от состава. Поэтому важное значение уделяется рациональному выбору св-ва (в частности, прямого или обратного, напр. электропроводности или электросопротивления), а также выбору способа выражения концентрации компонентов системы (массо-

вые, молярные, объемные, эквивалентные доли или проценты). В совр. Ф.-х. а. число используемых св-в системы составляет много десятков. В принципе можно применять любое св-во, к-рое м. б. измерено или вычислено. Напр., при решении теоретич. вопросов, в частности при выводе разл. типов диаграмм, используют к.-л. термодинамич. потенциал, к-рый не м. б. измерен непосредственно. При выборе св-ва необходимо учитывать как возможную точность определения его значений, так и его чувствительность к происходящим в системе хим. превращениям. Напр., плотность в-ва м. б. определена с большой точностью, но она малочувствительна к образованию хим. соед., тогда как твердость чутко реагирует на хим. взаимодей. в системе, однако мала точность ее определения. Для Ф.-х. а. характерно параллельное исследование и сопоставление результатов определения неск. св-в, напр. электропроводности, твердости.

Среди хим. диаграмм особое место занимают диаграммы плавления (плавкости), диаграммы р-римости, диаграммы давления пара, к-рые являются вариантами *диаграммы состояния*. На таких диаграммах любая точка, независимо от того, находится она на к.-л. линии или пов-сти диаграммы или нет, описывает состояние системы. Диаграмма состояния есть основа диаграммы любого св-ва, т. к. значение каждого из св-в системы зависит в общем случае и от состава, и от т-ры, и от давления, т. е. от всех факторов равновесия, соотношение между к-рыми дает диаграмму состояния. Все шире исследуют и используют на практике диаграммы, показывающие зависимость состояния системы одновременно от двух важнейших факторов равновесия — давления и т-ры. Эти диаграммы обозначают как *p-T-х-диаграммы* (х — молярная доля компонента). Даже для двойной системы построение *p-T-х-диаграммы* требует использования пространств системы координат, поэтому диаграмма состав — св-во для двойных и более сложных систем строятся и исследуются, как правило, при постоянных давлениях, т-ре, др. внеш. факторах. Сложность построения хим. диаграмм потребовала развития соответствующих методов графич. изображения.

Ф.-х. а. способствовал решению мн. теоретич. проблем химии, в частности, созданию теории строения хим. соед. переменного состава (см. *Нестехиометрия*). Ф.-х. а. является основой создания новых и модифицирования известных материалов — сплавов, полупроводников, стекол, керамики и т. д. путем, напр., *легирования*. На Ф.-х. а. и физ.-хим. диаграммах базируются многие технол. процессы, связанные, в частности, с кристаллизацией, ректификацией, экстракцией и т. п., т. е. с разделением фаз. Подобные диаграммы указывают, в частности, на условия выделения соед., выращивания монокристаллов. Т. наз. метод остаточных концентраций позволяет исследовать р-ции осаждения хим. соед. в результате взаимод. в р-рах. По этому методу состав твердых фаз — продуктов р-ции — определяется разностью между содержанием реагирующих компонентов в ряду исходных смесей и в соответствующих равновесных р-рах по окончании взаимод. При этом строится диаграмма зависимости равновесных концентраций реагирующих компонентов в р-ре от отношения между ними в исходных смесях. Параллельно обычно изменяют рН, электропроводность р-ров, поглощение света суспензий, др. св-ва.

В классич. Ф.-х. а. системы исследовались только в равновесном состоянии. Приближение к равновесию часто требует большого времени либо вообще трудно достижимо, поэтому для практич. использования метода необходимо изучение систем в неравновесном состоянии, в частности в процессе приближения к равновесию. Строго говоря, неравновесными считаются системы, в к-рых участвуют метастабильные модификации в-в, способные существовать сколь угодно продолжительное время. Техн. применение материалов в неравновесном состоянии, напр. стеклообразных металлич. сплавов, композиционных материалов, стеклообразных полупроводников, привело к необходимости изучения диаграмм состав — св-во для заведомо неравновесных систем.

Ф.-х. а. оказался плодотворным для исследования и синтеза новых соед. в результате необратимых р-ций в неравновесных

системах. Исследование систем в процессе перехода в равновесное состояние позволяет установить существование не только конечных продуктов р-ции, но и промежут. в-в, а также образующихся нестойких в-в. Кинетич. фактор, т. е. скорость превращения (скорость приближения к равновесию), теперь рассматривается на равных правах с др. критериями и др. св-вами. На св-ва системы существенное влияние оказывает ее дисперсность — мол.-дисперсное распределение компонентов (субмикроскопич. состояние), состояние коллоидного растворения и т. д., вплоть до монокристаллич. состояния. Диаграммы состав — структура — степень дисперсности — св-во определяют особенности совр. изучения в Ф.-х. а.

Развитие ЭВМ привело к тому, что в Ф.-х. а. значительно усилилась роль анализ. формы выражения зависимости св-в системы от ее состава. Это облегчает хранение информации (совр. компьютерные системы позволяют собирать и хранить справочный материал по хим. диаграммам и в графич. виде) и, в особенности, мат. обработку результатов, к-рая прежде применялась в осн. лишь при исследовании комплекссообразования в р-рах. В известной мере использование совр. вычислит. техник позволяет преодолеть ограниченность Ф.-х. а., заключающуюся в том, что он устанавливает, какие именно хим. превращения имеют место в системе, но не дает ответа на вопросы, связанные с причиной и механизмом этих превращений. Расчетные методы позволяют извлекать дополнительную информацию из хим. диаграмм, напр. определять степень диссоциации хим. соед. в расплаве на основании анализа кривизны линии ликвидуса для двойных систем или изменение свободной энергии системы при обмене солей, исходя из формы изотерм пов-сти ликвидуса для тройных взаимных систем. Привлечение разл. теорий твердого тела, моделей жесткости и состояний газовых смесей, наряду с обобщением эксперим. данных, позволяет получать физ.-хим. диаграммы (или их элементы) расчетным путем.

Исторический очерк. Осн. идея Ф.-х. а. была высказана М.В. Ломоносовым (1752), первые попытки установить образование в системе хим. соед., исходя из зависимости ее св-в от состава, относятся к нач. 19 в. В сер. 19 в. работами П.П. Аносова (1831), Г.К. Сорби (1864), Д.К. Чернова (1869) были заложены основы металловедения; Д.И. Менделеевым впервые был проведен геом. анализ диаграмм состав — св-во на примере изучения гидратов серной к-ты. К этому же периоду относятся работы В.Ф. Алексеева о взаимной р-римости жидкостей, Д.П. Коновалова — об упругости пара р-ров (см. *Коновалова законы*), И.Ф. Шредера — о температурной зависимости р-римости (см. *Растворимость*). На рубеже 19–20 вв. в связи с потребностями техники началось бурное развитие Ф.-х. а. (А. Ле Шателье, Я. Вант Гофф, Ф. Осмонд, У. Робертс-Остен, Я. Ван Лаар и др.). Основоположающие теоретич. и эксперим. работы совр. Ф.-х. а. принадлежат Н.С. Курнакову. Им были объединены в одно направление изучение сплавов и однородных р-ров и предложен термин «Ф.-х. а.» (1913). Исследования комплекссообразования в р-рах с работами И.И. Остроумовского (1911), П. Жоба (1928) и разработкой методов определения состава хим. соед. и констант их устойчивости по данным измерений разл. физ. св-в р-ров.

Лит. Курнаков Н.С., Введение в физико-химический анализ, 4 изд., М.-Л., 1940; Аносов В.Я., Погдин С.А., Основные начала физико-химического анализа, М.-Л., 1947; Соловьев Ю.И., Очерки истории физико-химического анализа, М., 1955; Бабко А.К., Физико-химический анализ комплексных соединений в растворах, К., 1955; Михеева В.И., Метод физико-химического анализа в неорганическом синтезе, М., 1975; Аносов В.Я., Озерова М.И., Финаков Ю.Я., Основы физико-химического анализа, М., 1976; Горощенко Я.Г., Физико-химический анализ гомогенных и гетерогенных систем, К., 1978; Черногоренко В.Б., Прядко Л.Ф., «Ж. неорг. химии», 1982, т. 27, № 6, с. 1527–30; Глазов В.М., «Изв. АН СССР. Сер. неорг. материалы», 1984, т. 20, № 6, с. 925–36; Федоров П.И., Федоров П.П., Дробот Д.В., Физико-химический анализ безводных солевых систем, М., 1987.

П.И. Федоров.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ, наука об общих законах, определяющих строение и хим. превращения в-в при разл. внеш. условиях. Исследует хим. явления с помощью теоретич. и эксперим. методов физики.

Как самостоятел. наука Ф. х. оформилась к сер. 18 в. Термин «Ф. х.» принадлежит М.В. Ломоносову, к-рый в 1752 впервые прочитал студентам Петербургского университета курс Ф. х. Ему же принадлежит след. определение: «Физическая химия есть наука, объясняющая на основе положений и опытов физики то, что происходит в смешанных телах при химических операциях». Первый научный журнал, предназначенный для публикации статей по Ф. х., был основан в 1887 В. Оствальдом и Я. Вант-Гоффом.

Ф. х. является основным теоретич. фундаментом совр. химии, опирающимся на такие важнейшие разделы физики, как квантовая механика, статистич. физика и термодинамика, нелинейная динамика, теория поля и др. Она включает учение о строении в-ва, в т.ч. о строении молекул, *химическую термодинамику*, *кинетическую химическую и катализ*. В качестве отдельных разделов в Ф. х. часто выделяют также *электрохимию*, *фотохимию*, Ф. х. *поверхностных явлений* (в т.ч. *адсорбцию*), *радиационную химию*, учение о *коррозии металлов*, физико-химию высокомогл. соед. и др. Весьма близко примыкают к Ф. х. и подчас рассматриваются как ее самостоятел. разделы *коллоидная химия*, *физико-химический анализ* и *квантовая химия*. Большинство разделов Ф. х. имеет достаточно четкие границы по объектам и методам исследования, по методологич. особенностям и используемому аппарату.

Совр. этапу развития Ф. х. присущи углубленный анализ общих закономерностей хим. превращений на мол. уровне, широкое использование мат. моделирования, расширение диапазона внеш. воздействий на хим. систему (высокие и криогенные т-ры, высокие давления, сильные радиац. и магн. воздействия), изучение сверхбыстрых процессов, способов накопления энергии в хим. в-вах и т.п.

Применение квантовой теории, прежде всего квантовой механики, при объяснении хим. явлений повлекло за собой значит. усиление внимания к уровню интерпретации и привело к выделению двух направлений в химии. Направление, опирающееся на квантовомех. теорию и оперирующее на микроскопич. уровне объяснения явлений, часто называют хим. физикой, а направление, оперирующее с ансамблями большого числа частиц, где в силу вступают статистич. законы, — Ф. х. При таком подразделении граница между Ф. х. и хим. физикой не м.б. проведена резко, что особенно проявляется в теории скоростей хим. р-ций.

Учение о строении в-ва и строении молекул обобщает обширный эксперим. материал, полученный при использовании таких физ. методов, как молекулярная спектроскопия, изучающая взаимод. электромагн. излучения с в-вом в разл. диапазонах длин волн, фото- и рентгеноэлектронная спектроскопия, электронография, нейтронография и рентгенодифракционные методы, методы на основе магнитооптик. эффектов и др. Эти методы позволяют получать структурные данные об электронной конфигурации молекул, о равновесных положениях и амплитудах колебаний ядер в молекулах и конденсир. в-ве, о системе энергетич. уровней молекул и переходах между ними, об изменении геом. конфигураций при изменении окружения молекулы или отдельных ее фрагментов и т.д.

Наряду с задачей соотношения свойств в-в с их строением совр. Ф. х. активно занимается и обратной задачей прогнозирования строения соединений с заданными св-вами.

Весьма важным источником информации о строении молекул, их характеристиках в разл. состояниях и особенностях хим. превращений служат результаты квантовохим. расчетов. Квантовая химия дает систему понятий и представлений, к-рая используется в Ф. х. при рассмотрении поведения хим. соединений на мол. уровне и при установлении корреляций между характеристиками молекул, образующих в-во, и св-вами этого в-ва. Благодаря результатам квантовохим. расчетов пов-ст. потенциальной энергии хим. систем в разл. квантовых состояниях и эксперим. возможностям последних лет, прежде всего развитию *лазерной химии*, Ф. х. вплотную подошла к всестороннему изучению св-в соед. в возбужденных и высококовзбужденных состояниях, к анализу особенностей строения соед. в таких состояниях и специфики проявления этих особенностей в динамике хим. превращений.

Химическая термодинамика составляет существенную часть Ф. х. и в значит. мере определяет ее структуру и развитие. Многие выдающиеся ученые 2-й пол. 19 — нач. 20 вв. участвовали в разработке осн. принципов и решений прикладных задач термодинамики, в частности в приложении к задачам Ф. х., нашедшейся тогда в периоде становления. Н. Карно, Р. Клаузиус, Г.И. Гесс, Д.П. Коновалов, Г. Гельмгольц, Я. Вант-Гофф, Ф. Рауль, Дж. Гиббс, А. Ле Шателье, В. Оствальд, В. Нернст и мн. другие сформулировали законы, принципы, правила и ур-ния, к-рые и по сей день сохраняют свое непреходящее значение.

Будучи наукой феноменологической, термодинамика играет в Ф. х. двоякую роль. Она позволяет, с одной стороны, на основе общих принципов разделить все мыслимые процессы в хим. системах на возможные и невозможные и дает ясные критерии такого разделения. С другой стороны, термодинамика позволяет получать соотношения, в к-рые входят измеряемые на опыте величины, и с помощью этих соотношений рассчитывать важные характеристики исследуемых систем, а также предсказывать, какие из соед. будут наиб. перспективными для решения конкретных прикладных задач в тех или иных условиях. Важное направление хим. термодинамики — количеств. расчеты равновесного состава сложных многокомпонентных систем (напр., высокотемпературных сверхпроводников), расчеты диаграмм фазового равновесия, многопараметрич. оценка перспективных топлив и др. энергоносителей и т.п.

Рабочим инструментом хим. термодинамики являются характеристики ф-ции (внутр. энергия, энтропия, энтальпия, энергия Гиббса и энергия Гельмгольца; см. также *Термодинамические потенциалы*) и ур-ния, связывающие их друг с другом и с параметрами, определяющими внеш. условия, в к-рых находится система. Как правило, они получают на основе эксперим. исследования св-в в-в разл. термодинамич. методами, такими, как калориметрия, метод электродвижущих сил. С помощью характеристик ф-ции формулируются условия равновесия и устойчивости систем, определяются количеств. характеристики равновесных состояний и направления осуществления хим. процессов.

Классич. термодинамика дополняется таким важным разделом науки, как *статистическая термодинамика*. Этот раздел не только дает обоснование феноменологич. термодинамики на мол.-статистич. уровне, но и существенно расширяет ее вычислит. возможности, позволяя привлекать для нахождения термодинамич. величин эксперим. и квантовохим. данные о строении и энергетике мол. систем.

Отдельным разделом Ф. х., базирующимся на хим. термодинамике, является учение о поверхностных явлениях и адсорбции, обобщающее данные о св-вах межфазных границ и равновесных процессах в гетерогенных системах. Поверхностные явления составляют и предмет коллоидной химии, к-рая имеет дело прежде всего с проявлениями поверхностных явлений у дисперсных систем.

Для адсорбции флюид (газ или жидкость) — твердое тело обычно проводится достаточно условное разделение на физ. адсорбцию и *хемосорбцию*. В основе такого разделения лежат эксперим. данные об энергетич. характеристиках адсорбции и представления о характере взаимод. молекул адсорбируемого в-ва с твердым телом.

Ограничением обычной термодинамики является то, что она позволяет описывать только равновесные состояния и обратимые процессы. Реальные необратимые процессы составляют предмет возникшей в 30-е гг. 20 в. *термодинамики необратимых процессов*. Эта область Ф. х. изучает неравновесные макроскопич. системы, в к-рых скорость возникновения энтропии локально сохраняется постоянной (такие системы локально близки к равновесным). Она позволяет рассматривать системы с хим. р-циями и переносом массы (диффузией), тепла, электрич. зарядов и т.п.

Химическая кинетика изучает превращения хим. в-в во времени, т.е. скорости хим. р-ций, механизмы этих превращений, а также зависимость хим. процесса от условий его осуществления. Она устанавливает закономерности измене-

ния состава превращающейся системы во времени, выявляет связь между скоростью хим. р-ции и внешними условиями, а также изучает факторы, влияющие на скорость и направление хим. р-ций.

Большинство хим. р-ций представляет собой сложные многостадийные процессы, состоящие из отдельных элементарных актов хим. превращения, транспорта реагентов и переноса энергии. Теоретич. хим. кинетика включает изучение механизмов элементарных р-ций и проводит расчет констант скоростей таких процессов на основе идей и аппарата классич. механики и квантовой теории, занимается построением моделей сложных хим. процессов, устанавливает связь между строением хим. соединений и их реакц. способностью. Выявление кинетич. закономерностей для сложных р-ций (формальная кинетика) базируется часто на мат. моделировании и позволяет осуществлять проверку гипотез о механизмах сложных р-ций, а также устанавливать систему дифференц. ур-ний, описывающих результаты осуществления процесса при разл. внеш. условиях.

Для хим. кинетики характерно использование многих физ. методов исследования, позволяющих проводить локальные возбуждения реагирующих молекул, изучать быстрые (вплоть до фемтосекундных) превращения, автоматизировать регистрацию кинетич. данных с одновременной обработкой их на ЭВМ и т. п. Интенсивно накапливается кинетич. информация через банки кинетич. констант, в т. ч. для хим. р-ций в экстремальных условиях.

Весьма важным разделом Ф. х., тесно связанным с хим. кинетикой, является учение о катализе, т. е. об изменении скорости и направления хим. р-ции при воздействии в-в (катализаторов), участвующих в р-ции, но остающихся химически неизменными после каждого цикла превращений и поэтому не входящих в состав конечных продуктов. При гомогенном катализе катализатор и реагирующие в-ва находятся в одной фазе в мол.-дисперсном состоянии, тогда как при гетерогенном катализе катализатор образует самостоят. фазу, отделенную границей раздела от фазы, в к-рой находятся реагирующие в-ва. Наличие границы раздела фаз в гетерогенном катализе означает его зависимость от физ. состояния пов-сти катализатора и его изменений в ходе р-ции. В качестве самостоят. типа рассматривают микрогетерогенный катализ, напр. *ферментативный катализ* и *мембранный катализ*, играющие особенно важную роль в биол. процессах. Быстро развивается *металлокомплексный катализ*, характеризующийся весьма высокой селективностью и мягкими условиями осуществления р-ций.

Учение о катализе очень важно для решения прикладных вопросов хим. технологии, поскольку подавляющее большинство хим. процессов, осуществляемых в пром-сти, является каталитическими. Оно не менее важно для понимания большинства биол. процессов на мол. уровне. Многие стереоселективные р-ции, в частности р-ции получения практически только одного оптич. изомера, проводятся сегодня с помощью металлокомплексов, находящихся в той же фазе, где проходит хим. р-ция, или иммобилизованных на пов-сти твердых тел.

Катализ играет решающую роль в защите окружающей среды от токсичных компонентов выхлопных газов автотранспорта и стационарных энергетич. установок. Разрабатываются каталитич. способы устранения нежелательных антропогенных изменений состава атмосферы, а также водных бассейнов.

Лит. Пригожин И., Введение в термодинамику необратимых процессов, пер. с англ., М., 1960; Пригожин И., Дефэй Р., Химическая термодинамика, пер. с англ., Новосибир., 1966; Даниэльс Ф., Олбери Р., Физическая химия, пер. с англ., М., 1978; Николис Г., Пригожин И., Самоорганизация в неравновесных системах, пер. с англ., М., 1979; Эткинс П., Физическая химия, пер. с англ., т. 1-2, М., 1980; Розовский А.Я., Гетерогенные химические реакции, М., 1980; Смирнова Н.А., Методы статистической термодинамики в физической химии, 2 изд., М., 1982; Эйринг Г., Лии С.Г., Лии С.М., Основы химической кинетики, пер. с англ., М., 1983; Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г., Курс химической кинетики, 4 изд., М., 1984; Воронин Г.Ф., Основы термодинамики, М., 1987; Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Электрохимия, М., 1987; Стромберг А.Г., Семченко Д.П., Физическая химия, 2 изд., М., 1988; Полторах О.М., Термодинамика в физической химии, М., 1991.

В.М. Грязнов, В.В. Громов, Н.Ф. Степанов.

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА, основаны на измерении эффекта, вызванного взаимодей. с в-вом излучения — потока квантов или частиц. Излучение играет примерно ту же роль, что играет реактив в *химических методах анализа*. Измеряемый физ. эффект представляет собой сигнал. В результате неск. или мн. измерений величины сигнала и их статистич. обработки получают аналит. сигнал. Он связан с концентрацией или массой определяемых компонентов.

Исходя из характера используемого излучения, Ф. м. а. можно разделить на три группы: 1) методы, использующие первичное излучение, поглощаемое образцом; 2) применяющие первичное излучение, рассеиваемое образцом; 3) использующие вторичное излучение, испускаемое образцом. К примеру, *масс-спектрометрия* относится к третьей группе — первичным излучением здесь служит поток электронов, квантов света, первичных ионов или др. частиц, а вторичное излучение представляет собой ионы разл. масс и зарядов.

С точки зрения практич. применения чаще используют др. классификацию Ф. м. а.: 1) спектроскопич. методы анализа — атомно-эмиссионная, атомно-абсорбционная, атомно-флуоресцентная спектрометрия и др. (см., напр., *Атомно-абсорбционный анализ*, *Атомно-флуоресцентный анализ*, *Инфракрасная спектроскопия*, *Ультрафиолетовая спектроскопия*), *рентгеновская спектроскопия*, в т. ч. рентгено-флуоресцентный метод и рентгеноспектральный микроанализ, *масс-спектрометрия*, *электронный парамагнитный резонанс* и *ядерный магнитный резонанс*, *электронная спектрометрия*; 2) ядерно-физ. и радиохим. методы — радиоактивационный анализ (см. *Активационный анализ*), ядерная гамма-резонансная, или *мессбауэровская спектроскопия*, *изотопного разбавления метод*; 3) прочие методы, напр. рентгеновская дифрактометрия (см. *Дифракционные методы*), и др.

Достоинства физ. методов: простота пробоподготовки (в большинстве случаев) и качественного анализа проб, большая универсальность по сравнению с хим. и физ.-хим. методами (в т. ч. возможность анализа многокомпонентных смесей), широкий динамич. диапазон (т. е. возможность определения основных, примесных и следовых составляющих), часто низкие пределы обнаружения как по концентрации (до $10^{-8}\%$ без использования концентрирования), так и по массе (10^{-10} — 10^{-20} г), что позволяет расходовать предельно малые кол-ва пробы, а иногда проводить неразрушающий анализ. Многие Ф. м. а. позволяют выполнять как валовый, так и локальный и послойный анализ с пространств. разрешением вплоть до мономатомного уровня. Ф. м. а. удобны для автоматизации.

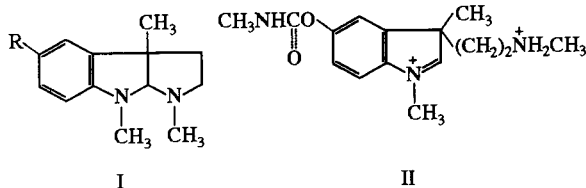
Использование достижений физики в аналит. химии приводит к созданию новых методов анализа. Так, в кон. 80-х гг. появились масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, ядерный микрозонд (метод, основанный на регистрации рентгеновского излучения, возбужденного при бомбардировке исследуемого образца пучком ускоренных ионов, обычно протонов). Расширяются области применения Ф. м. а. природных объектов и техн. материалов. Новый толчок их развитию даст переход от разработки теоретич. основ отдельных методов к созданию общей теории Ф. м. а. Цель таких исследований — выявление физ. факторов, обеспечивающих все связи в процессе анализа. Нахождение точной взаимосвязи аналит. сигнала с содержанием определяемого компонента открывает путь к созданию «абсолютных» методов анализа, не требующих образцов сравнения. Создание общей теории облегчит сопоставление Ф. м. а. между собой, правильный выбор метода для решения конкретных аналит. задач, оптимизацию условий анализа.

Лит. Дандер К., Тан Э., Мольх Д., Аналитика. Систематический обзор, пер. с нем., М., 1981; Юнг Г., Инструментальные методы химического анализа, пер. с англ., М., 1989; Рамсден Г.И., Шипшов В.В., «Ж. аналит. химии», 1990, т. 45, № 2, с. 237-48; Золотов Ю.А., Аналитическая химия: проблемы и достижения, М., 1992.

Г.И. Рамсден.

ФИЗОСТИГМИН (эзерин; ф-ла I, $R = \text{OC}(\text{O})\text{NHCH}_3$), мол. м. 275,36; алкалоид, содержащийся в калабарских бобах — физистигме (*Physostigma venenosum*) семейства бобовых (*Leguminosae*). Образует бесцв. кристаллы в двух формах: с т. пл. 86–87 °С и более устойчивой — с т. пл. 106–107 °С и

$[\alpha]_D^{20} -82^\circ$ (CHCl_3), -120° (C_6H_6); хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире и хлороформе, плохо – в воде. Ф. – трегичное основание, образует кристаллич. соли: салицилат, т. пл. $186-187^\circ\text{C}$; сульфат, т. пл. 145°C , пикрат, т. пл. 118°C ; гидробромид, т. пл. $224-226^\circ\text{C}$; бензоат, т. пл. $115-116^\circ\text{C}$. Ф. и его соли (особенно в р-рах) неустойчивы в обычных условиях, под действием света Ф. превращается в дезоксиэзеролин (I; $\text{R} = \text{H}$). В результате гидролиза Ф. получаются метиламин, CO_2 и эзеролин (I; $\text{R} = \text{OH}$). При взаимодействии с метилизоцианатом регенерируется физостигмин. При нагревании иодметилата Ф. образуется физостигмол (1,3-диметил-5-гидроксииндол). При действии к-т Ф. переходит в катион (II), в избытке щелочи – в кинон красного цвета, что используют для обнаружения Ф.



Биогенетич. предшественник Ф. – триптофан, к-рый на первой стадии образует 5-гидрокситриптофан.

Физиол. действие Ф. обусловлено его способностью ингибировать ацетилхолинэстеразу. В медицине применяется (в виде салицилата) для сужения зрачка и снижения внутриглазного давления при глаукоме, как лек. ср-во при заболеваниях, связанных с нарушением нервно-мышечной проводимости, и при парезе кишечника. ЛД₅₀ 0,5 – 0,8 мг/кг (кролики, внутривенно), 3 мг/кг (кролики, подкожно).

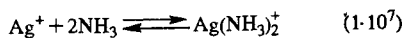
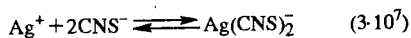
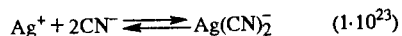
Лит.: Садригидинов Ф.С., Курмуков А.Г., Фармакология растительных алкалоидов и их применение в медицине, Таш., 1980.

А.А. Ибрагимов.

ФИКСАНАЛЫ (стандарт-титры, первичные стандарты), в-ва в строго определенном кол-ве, обычно 0,1 моль, содержащиеся в стеклянных ампулах. Ф. предназначены для приготовления р-ров точно известной концентрации. При этом ампулу разбивают спец. бойком в воронке, содержимое переносят количественно в мерную колбу и разбавляют (обычно водой) до определенного объема. Полученный р-р часто используют в *титриметрии* как титрант либо для определения концентрации др. титранта.

В качестве Ф. применяют, напр., KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, NaCl , щавелевую к-ту, соляную к-ту, AgNO_3 . Соед., используемые как Ф., должны быть предельно чистыми, устойчивыми при комнатной т-ре, не должны адсорбировать воду и CO_2 из воздуха.

ФИКСИРОВАНИЕ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, закрепление проявленного изображения путем растворения оставшегося в слое галогенида Ag; вторая стадия получения видимого изображения при фотографич. процессе (о первой см. *Проявление фотографического изображения*). Для фиксирования используют водные р-ры (или пасты) соед., дающих с ионами Ag^+ высокоустойчивые, хорошо р-римые комплексные ионы. К таким соед. относятся цианиды, роданиды, тиосульфаты, хлориды щелочных металлов и аммония. Хим. сущность фиксирования заключается в смещении равновесия р-римости AgHal в сторону его полного растворения. Взаимод. можно представить след. р-циями (в скобках указаны константы устойчивости комплексных ионов):



Чем больше константа устойчивости, тем при меньшей концентрации закрепляющего р-ра (фиксажа) и с тем большей скоростью м. б. растворен галогенид Ag. Оптимальны в этом отношении р-ры цианидов (KCN), но вследствие их токсичности в практич. работе применяют тиосульфаты (обычно $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$). По назначению и составу фиксирующие р-ры разделяют пл. обр. на простые, кислые, быстрые и дубящие (табл.).

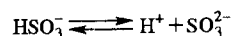
СОСТАВ ФИКСИРУЮЩИХ РАСТВОРОВ*

Состав фиксажа	Название фиксажа				Комбинированный
	простой	кислый	быстрый	дубящий	
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	200-400	250-300	250-300	200	250
Na_2SO_3	—	5-10	20-25	25	10
$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$	—	20-30	—	25	20
NH_4Cl	—	—	40	—	30
CH_3COOH	—	—	15-20	—	10
(80%-ная)**	—	—	—	—	—
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$	—	—	—	10	15

* В граммах в 1 л р-ра. ** В мл.

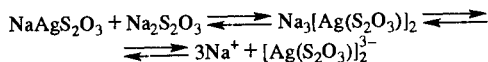
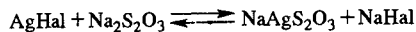
Простой фиксаж вследствие гидролиза тиосульфат-иона имеет щелочную р-цию ($\text{pH} \approx 9$); при длит. работе из фотослоя в него переходит нек-рое кол-во проявителя, к-рый восстанавливает в слое Ag, что приводит к образованию дихроической вуали на фиксируемом изображении. Поэтому наиб. применение получили кислые фиксирующие р-ры с оптимальной кислотностью при $\text{pH} \approx 4$. В более кислых р-рах образуется большое кол-во тиосерной к-ты, разлагающейся с выделением S и SO_2 . Добавление сульфита Na регулирует кислотность р-ра (по р-ции $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HSO}_3^-$), что дает возможность вводить в фиксаж для быстрого прекращения проявления такую относительно сильную к-ту как уксусная.

Кислый фиксаж может вовсе не содержать к-ты, если в р-р вводят пиросульфит K (устар. метабисульфит; $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$). При этом в водном р-ре протекают р-ции:



Для создания быстрого кислого фиксажа обычно берут смесь $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$ и Na_2SO_3 , имеющую в р-ре высокую кислотно-основную буферную емкость при $\text{pH} \approx 5$. Быстрый фиксаж обычно содержит NH_4Cl , а дубящий – к.-л. дубитель, напр. алюмокалиевые квасцы (см. *Дубление в фотографии*). Иногда составляют комбинир. р-ры, сочетающие св-ва разл. фиксирующих р-ров, напр. быстрый дубящий фиксаж.

В процессе фиксирования сначала образуется практически нерастворимая прозрачная бесцв. соль NaAgS_2O_3 , не рассеивающая свет; хорошо р-римая соль образуется лишь на послед. стадиях при условии высокой концентрации $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в р-ре:



Если фиксирование прекратить на первой стадии, отфиксированное изображение окажется недостаточно стабильным и не сможет сохраняться длит. время, т. к. NaAgS_2O_3 , оставшись в слое, постепенно разлагается (особенно быстро в теплой и влажной атмосфере) по р-ции $2\text{NaAgS}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{S} + \text{H}_2\text{S} + 2\text{NaHSO}_4$, что ведет к образованию на изображении желтых и бурых пятен.

Отфиксированное изображение тщательно промывают в проточной (или часто сменяемой) воде. Недостаточная промывка даже хорошо отфиксированного изображения может привести при длит. хранении к появлению на нем бурых пятен.

Лит.: Кириллов Н.И., Основы процессов обработки кинофотоматериалов, М., 1977; Джеймс Т.Х., Теория фотографического процесса, пер. с англ., Л., 1980; Чибисов К.В., Общая фотография, М., 1984.

В.И. Шеберстов.

ФИЛЬТРОВАНИЕ (от лат. *filtrum* – войлок, англ., франц. *filtration*), разделение неоднородных систем жидкостью – твердые частицы (суспензии) и газ – твердые частицы в спец. аппаратах – фильтрах, снабженных пористыми фильтровальными перегородками и (ФП), к-рые пропускают жидкость или газ, но задерживают твердую фазу. Движущая сила процесса – разность давлений Δp по обе стороны ФП. Данная статья посвящена разделению суспензий. О закономерностях Ф. под действием центробежных сил см. *Центрифугирование*, о разделении систем газ – твердые частицы см. *Газов очистка, Пылеулавливание*.

Различают: а) собственно разделение суспензий – отделение содержащихся в них твердых частиц, отлагаемых на ФП (осадок), через к-рую проходит подаваемое кол-во жидкости (фильтрат); б) сгущение суспензий – повышение в них концентрации твердой фазы путем удаления через ФП нек-рой части жидкой фазы; в) осветление жидкостей (осветительное Ф.) – очистка от содержащегося в них небольшого кол-ва тонких взвесей (см. также *Осаждение*). Суспензии могут фильтроваться «хорошо», «средне» и «трудно», что определяют обычно по толщине слоя (мм) осадка, образующегося на ФП за 1 мин: соотв. 1–15, 0,1–3,0 и 0,005–0,2.

Некоторые основные понятия. Четкость разделения суспензии определяется качествами фильтрата и осадка. Качество фильтрата оценивают коэф. очистки c_1/c_2 , где c_1 и c_2 – концентрации твердой фазы в исходной суспензии и фильтрате; коэф. уноса c_2/c_1 ; степень очистки $(c_1 - c_2)/c_1$ (отношение кол-ва задержанной и исходной твердой фазы). Качество осадка оценивают содержанием в нем жидкой фазы либо содержанием р-римых примесей, отнесенным к массе сухого осадка.

Интенсивность разделения суспензии может определяться объемом фильтрата V (m^3), прошедшего через единицу площади S (m^2) пов-сти Ф. за единицу времени τ , или скоростью Φ : $v = dV/d\tau S = dV'/d\tau$ (мгновенная скорость Ф.) либо $v_{\Phi} = V/\tau S = V'/\tau$ (средняя скорость Ф.), где $V' = V/S$ – удельный объем фильтрата.

В хим. технологии под Ф. понимают весь комплекс процессов, происходящих на фильтрах (фильтровальные процессы): собственно Ф., промывка и обезвоживание осадка, а также вспомогат. операции (загрузка суспензии, разгрузка и удаление осадка, регенерация ткани). В этом случае интенсивность разделения обычно оценивают удельной производительностью фильтра по фильтрату:

$$Q_{\Phi} = V'/(\tau + \tau_{\text{пр}} + \tau_c + \tau_{\text{всп}}) = V'/\tau_{\Sigma} \quad (1)$$

или по массе осадка $m_{\text{ос}}$: $Q_{\text{ос}} = m_{\text{ос}}/S\tau_{\Sigma}$, где τ_{Σ} , τ , $\tau_{\text{пр}}$, τ_c , $\tau_{\text{всп}}$ – продолжительность всего фильтровального цикла, собственно Ф., промывки и просушки осадка и вспомогат. операций.

Характеристика и закономерности фильтровальных процессов

Собственно Ф. Скорость процесса описывается ур-нием движения Эйлера, к-рое для одномерного ламинарного потока принимает форму закона Дарси: $v_{\text{ср}} = \Delta p/R_{\text{ос}} = \Delta p/\mu R$, где $R_{\text{ос}}$, R – гидравлич. сопротивления (общее и отнесенное к единице вязкости μ суспензии сопротивление движению фильтруемой жидкости через слой осадка и ФП).

Для преодоления гидравлич. сопротивления необходимо создание перепада давления (вакуума под ФП или избыточного давления над ней). На практике встречаются след. режимы Ф.: 1) при $\Delta p = \text{const}$ (разделение под вакуумом, под давлением, при подаче суспензии центробежным насосом, производительность к-рого значительно превышает производительность фильтра); 2) при $v = \text{const}$ (подача суспензии объемным насосом); 3) при непрерывно изменяющихся Δp и v (подача центробежным насосом).

При Ф. сопротивление R непрерывно возрастает. Зависимость его от уд. объема фильтрата описывается т. наз. обобщенным ур-нием Ф.:

$$dR/dV = KR^n, \quad (2)$$

где K и n – константы. Для фиксированных значений n различают 5 видов Ф.: с образованием осадка ($n=0$), с закупориванием пор образующегося осадка (0,5), промежуточное (1,0), с постепенным закупориванием пор ФП (1,5), с полным закупориванием пор ФП (2,0). Константы ур-ния (2) и значения начального сопротивления R_0 (при начальной скорости разделения v_0) находят по спец. графикам зависимости скорости Ф. от объема фильтрата при $\Delta p = \text{const}$.

Для часто применяемого режима Ф. при $\Delta p = \text{const}$ и $R \approx 0$ ур-ние (2) после преобразований принимает вид:

$$V' = (1-n)^{-1} K^{1/(n-2)} [(\Delta p / \mu)(2-n)]^{(1-n)/(2-n)} \tau^{(1-n)/(2-n)} = V_0' \tau^{1/b} \quad (3)$$

Наиб. распространенным в хим. технологии видом разделения суспензий является Ф. с образованием осадка, описываемое т. наз. основным ур-нием: $v = dV'/d\tau = \Delta p[\mu(\alpha_V \delta + R_0)]$ или после преобразований:

$$(V')^2 + (2R_0/\alpha_V u)V' = \Delta p/\mu \alpha_V u, \quad (4)$$

где α_V и δ – соотв. удельное объемное сопротивление осадка (сопротивление единицы объема осадка высотой 1 м, отложенного на ФП площадью 1 m^2) и толщина его слоя (в м); $u = (\delta S_{\text{ср}})/V' = \delta/V' - \text{соотношение объемов осадка и фильтрата}$; $A = 2$ (при $\Delta p = \text{const}$) и $A = 1$ (при $v = \text{const}$). Параметр α_V – ф-ция пористости (ϵ), диаметра (d) и уд. пов-сти ($S_{\text{ср}}$) твердых частиц, их концентрации (c) в суспензии и Δp : $\alpha_V = (1-\epsilon)^2/(\epsilon^3 d^2) = [A(1-\epsilon)^2 S_{\text{ср}}]/\epsilon^3 = \alpha_V \delta^{-\epsilon} = \alpha_V \delta \Delta p^{\epsilon}$, где ϵ и δ – константы. Иногда вместо α_V используют др. параметр – массовое уд. сопротивление осадка: $\alpha = \alpha_V u/q = \delta/m_{\text{ос}}$, где $q = m/V$.

Ур-ние (4) при $R_0 = 0$ является частным случаем ур-ния (3). Последнее в форме $V' = V_0' \tau^{1/b}$ с достаточной для техн. расчетов точностью описывает кинетику Ф. и позволяет в определенных пределах экстраполировать эксперим. данные; показатель степени b от 0,3 до 1,0. При условии, что концентрация твердой фазы в суспензии не изменяется ($c_1 = \text{const}$), справедливы также модификации ур-ния (3) для толщины слоя и массы осадка: $\delta = \delta_0 \tau^{1/b}$ и $m_{\text{ос}} = m_{\text{ос}}^0 \tau^{1/b}$, где V_0' , δ_0 и $m_{\text{ос}}^0$ – уд. объем фильтрата, толщина слоя и уд. масса осадка ($m_{\text{ос}}^0/S$), полученные за единицу времени.

Ф. можно интенсифицировать путем повышения т-ры суспензии, давления (ограничения – сжимаемость осадка, конструктивные возможности фильтра, прочность ФП), уменьшения толщины слоя осадка (ограничение – условия его съема), рационального подбора ФП и способа ее регенерации, а также снижением уд. сопротивления осадка. Последнее наиб. эффективно, т. к. обратно пропорционально квадрату диаметра твердой частицы и достигается применением коагулянтов и флокулянтов и рациональным приготовлением суспензии. Продолжительность Ф. находят из ур-ния:

$$\tau = (\mu \delta / \Delta p u)(\alpha_V \delta A + R_0) \quad (5)$$

или из ур-ния (3) и его аналогов:

$$\tau = (V/V_0')^{1/b} = (\delta/\delta_0)^{1/b} = (m_{\text{ос}}^0/m_{\text{ос}})^{1/b} \quad (6)$$

Промывка осадка – замена фильтрата в порах осадка чистым р-рителем; сопровождается гидродинамич. процессами поршневого вытеснения и смешения двух жидкостей, а также диффузионными и др. процессами. График зависимости отношения концентраций вымываемых в-в в вытекающей промывной жидкости (c) и фильтрате (c_0) от отношения объемов промывной жидкости и пор осадка ($V_{\text{пр}}/V_{\text{пор}}$) наз. кривой промывки (рис. 1).

Для режима идеального вытеснения скорость течения промывной жидкости $v_{\text{пр}}$ определяют по скорости промывки в конце Ф. с корректировкой на изменение вязкости. В этом случае при $V_{\text{пр}}/V_{\text{пор}} = 1$ должно вытесняться 100% фильтрата (примесей). В действительности в осадке последовательно происходят процессы вытеснения, смешения и диффузии, вследствие чего удаляются 35–90% примесей. Для извлечения 90–99% примесей в хим. произ-вах соотношение $V_{\text{пр}}/V_{\text{пор}}$ обычно поддерживается в пределах 2,5–5,0. Продолжитель-

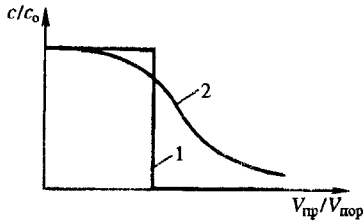


Рис. 1. Кривые промывки осадков: 1 - идеальное вытеснение; 2 - реальный процесс.

ность промывки $\tau_{пр} = V_{пр}/v_{пр}$ ($V_{пр}$ - конечный объем промывной жидкости) определяют, как правило, экспериментально.

Процесс диффузии, движущей силой к-рого является разность указанных выше концентраций Δc , может лимитировать как $\tau_{пр}$, так и кол-во вымываемого в-ва. Время диффузии находят по Ф-ле: $\tau_{диф} = (V_{пор} \delta_{пр}) / (D S' \Delta c)$, где D - коэф. диффузии; $\delta_{пр}$ - толщина диффузионного пограничного слоя; S' - площадь пов-сти раздела фаз.

При обработке агрегированных и высокодисперсных осадков в них за счет физ.-хим. процессов образуются трещины, что существенно увеличивает расход жидкости и снижает эффективность промывки. Последнюю интенсифицируют, репульпируя осадок в промывной жидкости; при этом ускоряется диффузия, а фильтрат извлекается из тушковых и межагрегатных пор. Перспективны многократное взмучивание при противотоке твердой фазы и промывной жидкости, а также дробная промывка с использованием фильтрата от предыдущих операций.

Обезвоживание осадка - удаление жидкой фазы (фильтрата или промывной жидкости) из пор осадка независимо от того, состоит эта фаза из воды или др. жидкости. Осадок обезвоживают продувкой сжатым газом или паром, а также путем мех. отжима. Продувкой удаляют избыточную (свободную) и часть капиллярной влаги. Ее кол-во зависит от давления газа, к-рое должно превышать капиллярное давление. Для осадков крупнокристаллических и средней дисперсности связь между параметрами процесса описывается зависимостью: $w = w_1 \delta \alpha \Delta p^{-\beta} \tau^{\alpha}$, где w - влажность продукта осадка; w_1 - влажность слоя осадка толщиной $\delta = 1$ см при его просушке в течение 1 с под давлением 0,1 МПа; α - эмпирич. константа. При продувке газом высокодисперсных осадков их структура изменяется по закономерностям, близким к отжиму.

Механический отжим производят валками, вибрационными устройствами, ФП, эластичными мембранами (диафрагмами) и обычно применяют для обезвоживания структурированных осадков. При этом агрегаты разрушаются, твердые частицы перемещаются относительно друг друга, а иногда и деформируются; толщина слоя осадка уменьшается. Кинетика процесса (зависимость объема жидкости V_d от продолжительности отжима диафрагмой τ_d) описывается ур-нием: $V_d = \tau_d / (n + m \tau_d)$, где n и m - константы. Очевидно, что при $\tau_d \rightarrow \infty$ объем $V_d \rightarrow 1/m = V_{д.п}$ (предельный объем жидкости). Отношение $V_d / V_{д.п} = E_d$ наз. степенью обезвоживания. В зависимости от E_d продолжительность процесса описывается ур-нием: $\tau_d = E_d (n/m) (1 - E_d)$. При $\tau_d = \text{const}$ влажность осадка зависит от давления Ф. (p) и давления отжима (p_d): $w = w_1 p^{-a} + B_d (p - p_d)$, где w_1 - влажность осадка, отжатого при $p = p_d = 1$; a и B_d - константы. Обычно $p_d > p$, что способствует снижению w . Для предотвращения «капсулирования» (образования на границах слоя очень плотного, практически непроницаемого осадка) увеличивать p_d рекомендуется постепенно.

Фильтровальные перегородки

ФП должны обладать хорошей задерживающей способностью, значит. гидравлич. сопротивлением, физ.-мех. прочностью, хим. стойкостью, большой пористостью и равномерным распределением пор по размерам, сохранять проницаемость при многократном Ф., легко регенерироваться, а при

Ф. с закупориванием пор - быть достаточно «грязеемкими». Осн. фильтрационные характеристики: вид материала, водопроницаемость, воздухопроводность, пористость, прочность, рабочее давление, масса 1 м², линейные размеры.

Гибкие ФП - тканые, трикотажные, сетчатые, нетканые и др. Тканые ФП изготавливают из натуральных (хлопок, шерсть, шелк), искусственных (ацетаты целлюлозы, вискоза), синтетических (полиакрилонитрил, полиамиды, поливинилхлорид, полиэфиры и др.), силикатных (асбест, стекло) и металлических (W, Mo, сплавы и т.д.) волокон и нитей.

Различают полотняные, саржевые и атласные (сатиновые) ткани. Полотняные ткани характеризуются высокой задерживающей способностью, равномерным распределением пор, большой прочностью, незначит. деформацией при растяжении. Саржевые ткани обладают большей проницаемостью и грязеемкостью, но меньшей прочностью, чем полотняные ткани, и хорошей задерживающей способностью. Сатиновые ткани по последним двум показателям уступают саржевым. Ворсование и каландрование повышают задерживающую способность и соотв. ухудшают или улучшают условия съема осадка.

Трикотажные ФП по эксплуат. характеристикам близки к атласным тканям, но имеют меньшую задерживающую способность и сопротивление, а также сильно деформируются при растяжении. Перспективны бесшовные рукава для патронных фильтров.

Сетки фильтровые изготавливают из полимерных мононитей и металлов аналогично полотняным и саржевым тканям и используют для Ф., а также в качестве опоры для более плотных ФП с целью увеличения производительности фильтров. Нетканые ФП вырабатывают из тех же волокон (или их смесей), что и тканые перегородки, иглопробивным либо клеевым методами или формованием из расплавов. Нетканые ФП превосходят тканые по грязеемкости, пористости, задерживающей способности (за счет извилистости пор), проницаемости, но существенно уступают им по мех. прочности, регенерируемости и условиям съема осадка. К нетканым ФП близки по св-вам перегородки одноразового пользования - фильтровальные бумаги (непроклеенные бумаги из хл.-бум. волокна, зольность к-рых не превышает 0,8) и картон, отличающиеся дешевизной и доступностью. Подробнее о св-вах, получении, отделке и применении волокон см., напр., *Волокна природные, Волокна химические*.

Негибкие ФП м.б. жесткими и нежесткими. Жесткие ФП (керамика и металлокерамика, пористые пластмассы и металлы и др.) выпускаются в виде цилиндров (патронов), плит, листов толщиной 0,2-50 мм и тончайших нитей (металлич. войлок) и отличаются постоянством структуры при изменении давления, хорошей задерживающей способностью, грязеемкостью (от незначительной - керамика, до повышенной - пластмассовые патроны), эффективностью регенерации 70-100% (за исключением трудно регенерируемой керамики и нерегенерируемых патронов одноразового пользования).

Нежесткие ФП бывают намывными (наиб. распространены) и насыпными (слои из песка, гравия, кокса, каменного угля и т.п. с толщиной загрузки до 1 м; регенерируются обратным током фильтрата).

Намывные ФП - инертные тонкозернистые или волокнистые слои фильтровальных вспомогат. в-в (ФВВ), образующих при осветлительном Ф. малооконцентрир. суспензий пористый осадок. ФВВ добавляют в суспензию, предварительно наносят на ФП или комбинируют оба способа. Материалами для ФВВ служат, как правило, подвергнутые термообработке, размолу и классификации по сортам диатомит, перлит, угли, целлюлоза, а также древесная мука, отбеливающая земли (глины), глинозем, отходы произ-в волокнистых материалов.

Слой ФВВ обладает хорошей проницаемостью и задерживающей способностью, может предотвращать забивку пор ФП, обеспечивает получение качеств. фильтрата в начале Ф. Слой намывают путем многократной циркуляции через фильтр суспензии ФВВ в чистом фильтрате или близкой по св-вам жидкости. Св-ва слоя можно регулировать изменением концентрации ФВВ: чем она ниже, тем меньше пористость и

выше задерживающая способность. Эффективно также смещение разл. ФВВ и их разных сортов.

Намывные слои бывают одноразовыми и обновляемыми (см. ниже). В последнем случае, если при Ф. происходят интенсивное закупоривание пор намывного слоя и образование на нем слоя осадка, ФВВ добавляют в суспензию. В результате увеличиваются пористость и проницаемость, а также улучшаются реологич. св-ва осадка. При этом дисперсность и кол-во ФВВ выбирают близкими соответствующим параметрам мех. примесей. Правильность выбора дозы ФВВ оценивают по значению в ур-нии (3) показателя степени b (0,55–0,75); меньшие значения свидетельствуют о Ф. с закупориванием пор, большие – о передозировке.

Промышленные фильтры

По способу создания разности давлений пром. фильтры подразделяются на фильтры, работающие под вакуумом (вакуум-фильтры, $\Delta p = 0,06 - 0,08$ МПа), и фильтры, работающие под давлением ($\Delta p = 0,3 - 0,5$ МПа); по способу функционирования – на фильтры периодич. и непрерывного действия. В последних ФП обычно перемещается, процесс (подача суспензии и получение продуктов разделения) осуществляется непрерывно, а все операции проводятся последовательно. В данном разделе рассмотрены осн. типы фильтров, применяемых в хим. произ-вах.

Вакуумные фильтры непрерывного действия. Барабанные вакуум-фильтры (БВФ, рис. 2) с наружной фильтрующей поверхностью более распространены и используются для разделения среднефильтрующей

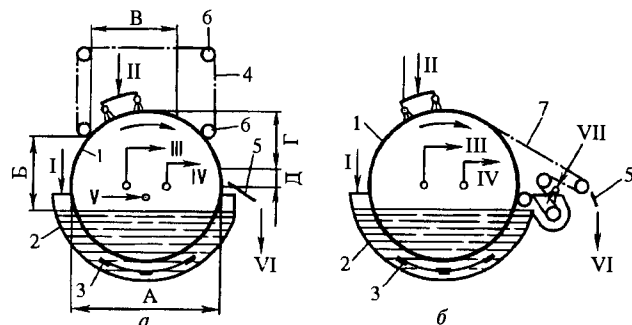


Рис. 2. Барабанные вакуум-фильтры: а – стандартный общего назначения; б – со сходящей фильтровальной тканью; 1 – барабан; 2 – корыто; 3 – мешалка; 4 – изгибающее полотно; 5 – нож; 6 – ролики; 7 – фильтровальная ткань; здесь и далее I – суспензия; II – промывная жидкость; III – фильтрат; IV – промывной фильтрат; V – сжатый газ; VI – осадок; VII – жидкость для регенерации ткани. Зоны: А – фильтрация; Б, В, Г – соотв. просушки, промывки, отжима и просушки промывного осадка; Д – отдувки и регенерации ткани, съема осадка.

ся суспензий с незначит. (до 18 мм/с) скоростью осаждения грубой фракции твердой фазы; степени обезвоживания осадка и его отмывки ограничены. БВФ – покрытый фильтровальной тканью (сеткой), полый перфорированный барабан, вращающийся с частотой от 0,01–0,03 до 0,9 мин⁻¹; барабан погружен под углом 50–200° в емкость (корыто) с суспензией. Между барабаном и днищем емкости размещена качающаяся мешалка для предотвращения осаждения твердых частиц в корыте. Пространство под ФП, часто разделенное на секции, через распределит. устройство сообщается при вращении барабана с источниками вакуума и сжатого воздуха. При этом образуются зоны Ф., промывки, просушки и продувки осадка, отдувки и регенерации ФП. Отфильтрованный и промытый осадок снимается обычно ножом, реже шнурами или полированным валиком. БВФ может снабжаться устройством для заглаживания трещин и отжима осадка, состоящим из бесконечной ленты неплотной ткани и системы направляющих роликов.

БВФ со сходящей тканью отличаются от описанных тем, что бесконечная тканая лента в зоне Ф. и просушки осадка свободно обтекает барабан, затем отделяется от него,

перемещается между разгрузочным, промывочным и направляющим роликами, где происходят ножевой съем осадка и ее регенерация, и возвращается в зону Ф. Эти фильтры позволяют удалять осадки толщиной до 1 мм и качественно регенерировать ФП. Другая разновидность БВФ – безъячейковые фильтры с намывным слоем ФВВ и устройством для микроподачи ножа. Слой ФВВ толщиной $\delta = 50 - 100$ мм, намываемый на сетку, служит для осветлительного Ф. с образованием осадка. Последний вместе с тонким слоем ФВВ срезается передвижным ножом со скоростью 0,05–0,25 мм·мин⁻¹. Намывной слой периодически возобновляют.

БВФ с внутренней фильтрующей поверхностью применяют для разделения относительно легко фильтрующихся суспензий со значит. (более 12 мм/с) скоростью осаждения грубой фракции, образующих нестрессивающийся, не требующий промывки осадок. Последний в верх. части фильтра продувается и выгружается через бункер транспортером. Суспензию заливают внутрь барабана.

Двухбарабанные вакуум-фильтры предназначены для Ф. хорошо фильтрующихся концентрат. суспензий с грубой полидисперсной твердой фазой. Эти фильтры состоят из синхронно вращающихся в противоположных направлениях ячеек барабанов, соприкасающихся так, что ФП движется сверху вниз. Суспензия поступает сверху в загерметизир. с торцов пространство между барабанами и отфильтровывается. Образующийся осадок промывается, просушивается и удаляется с противоположных концов барабанов. В ниж. части фильтра производится регенерация ФП.

Дисковые вакуум-фильтры используют благодаря развитой пов-сти в многотоннажных произ-вах для разделения относительно хорошо фильтрующихся суспензий со скоростью осаждения твердой фазы до 18 мм/с без промывки осадка. Они устроены аналогично БВФ: на полом вала вращается неск. дисков (частота 0,01–0,15 мин⁻¹), состоящих обычно из 12 секторов, обтянутых сеткой или тканью.

Ленточные вакуум-фильтры (ЛВФ, рис. 3) служат для разделения относительно хорошо- и среднефильтрующихся суспензий с полидисперсной быстро осаждающейся твердой фазой и тщательной, как правило, противоточной промывкой осадка. Конструкция ЛВФ напоминает ленточный транспортер; эластичная бесконечная дренажная лента натянута на приводном и натяжном барабанах. Верх. ветвь ленты, покрытая фильтрующей тканью (сеткой), скользит по раздвоенной на отсеки вакуумной камере. Лента движется непрерывно со скоростью 0,6–10 м/мин либо дискретно. Суспензия и промывная жидкость подаются сверху, фильтрат через перегордку и дренажную систему ленты поступает в отсеки. Осадок снимается ножом иногда с продувкой воздухом через приводной барабан. В ниж. ветви ленты регенерируется ФП. Известны ЛВФ со сходящим полотном, вальками для уплотнения и обезвоживания осадка, устройствами для просушки его паром или горячим воздухом и отжима эластичной диафрагмой.

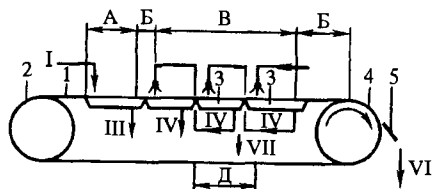


Рис. 3. Ленточный вакуум-фильтр: 1 – дренажная лента; 2, 4 – приводной и натяжной барабаны; 3 – вакуумные камеры; 5 – нож.

Тарельчатые фильтры применяются для разделения хорошо фильтрующихся суспензий с грубодисперсной твердой фазой и значит. скоростью осаждения. Такой фильтр представляет собой вращающуюся вокруг вертикальной оси «тарелку» с кольцеобразной, разделенной на секторные ячейки фильтрующей пов-стью, к-рая ограничена наружным (неподвижной) и внутр. (вращается) бортами. Через неподвижную

разделит. головку ячейки поочередно соединяются со сборниками фильтрата и промывной жидкости (находятся под вакуумом) и ресивером сжатого воздуха или источника пара. Осадок удаляется скребком либо шнеком.

Карусельные фильтры близки по конструкции и области применения к тарельчатым фильтрам, однако, как правило, больше по габаритам и отличаются тем, что ячейки ограничены бортами и являются как бы самостоят. фильтрами. Осадок выгружается при повороте ячеек на 90° вокруг радиальной оси.

Фильтры непрерывного действия, работающие под давлением. В отличие от вакуум-фильтров эти фильтры заключены в герметичный корпус и снабжены шнековыми, секторными и др. устройствами для выгрузки осадка.

Барабанные фильтры предназначены для разделения средне- и труднофильтрующихся суспензий, содержащих легколетучие пожаро- и взрывоопасные и токсичные в-ва с достаточно стабильными фильтрац. св-вами. Фильтры позволяют производить противоточную промывку осадка и его интенсивную сушку.

Динамические (безосадочные) фильтры используются для разделения или сгущения труднофильтрующихся суспензий и осветлительного Ф. Осадок обычно смывают путем перемешивания суспензии турбинными мешалками, а также за счет скоростного напора или центробежных сил. К фильтрам данного типа относятся также проточные фильтры, представляющие собой трубу или пакет труб со стенками из пористого материала, по к-рым под давлением со скоростью 2–8 м/с прокачивается сгущенная суспензия. Эти фильтры широко применяют также при микро- и ультрафильтрации.

Ротационные патронные и патронно-шайбовые фильтры применяют для разделения средне- и хорошофильтрующихся достаточно концентрир. суспензий с небольшой скоростью осаждения (до 8 мм/с) твердой фазы. Степень обезвоживания осадка ограничена; промывка его невозможна. В герметичном горизонтальном цилиндрич. корпусе на приводном валу с неск. каналами (6–8) закреплен несущий диск, на к-ром по окружности крепятся патроны либо перфорир. трубы с набором фильтрующих дисков (шайб). В центре вдоль оси в корыте расположено разгрузочное устройство (ленточный транспортер, шнек). Суспензия через штуцер в ниж. части крышки насосом подается под давлением 0,6–1,0 МПа в корпус фильтра и поддерживается на уровне оси или ниже. Фильтрующие элементы при вращении поочередно проходят зоны Ф., просушки воздухом и сброса осадка.

Ленточные фильтр-прессы (рис. 4) позволяют разделять флокулированные среднефильтрующиеся суспензии под действием гравитации и (или) вакуума с послед. отжимом осадка

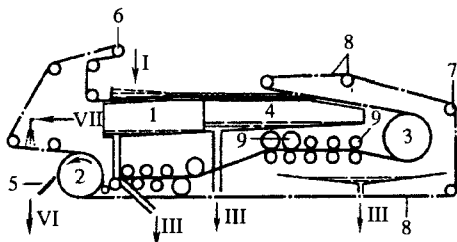


Рис. 4. Ленточный фильтр-пресс: 1, 4 – камеры фильтра; 2 и 3 – приводной и натяжной барабаны; 5 – нож; 6, 7, 9 – натяжные, направляющие и отжимные ролики; 8 – фильтровальные ленты.

мех. давлением сжатия в клиновом зазоре между двумя движущимися дренажными лентами, снабженными сеткой, а также за счет напряжения сдвига при огибании этими лентами направляющих роликов. Осадок снимается ножом; при огибании разгрузочного барабана «холостые» ветви фильтровальных лент регенерируются подачей воды из спец. форсунок.

Фильтры периодического действия. Плиточно-рамные (ФПР) и плиточно-камерные (ФПК) фильтр-прессы (рис. 5 и 6) предназначены для разделения средне- и труднофильтрующихся суспензий из водных и др. невзрывоопасных, инертных и агрессивных сред. Несмотря на негерметичность и невозможность поддержания постоянной рабочей т-ры, эти фильтры распространены в пром-сти вследствие развитой фильтрующей пов-сти, относительно низкой металлоемкости, возможности получения хорошо отмытых и отжатых осадков.

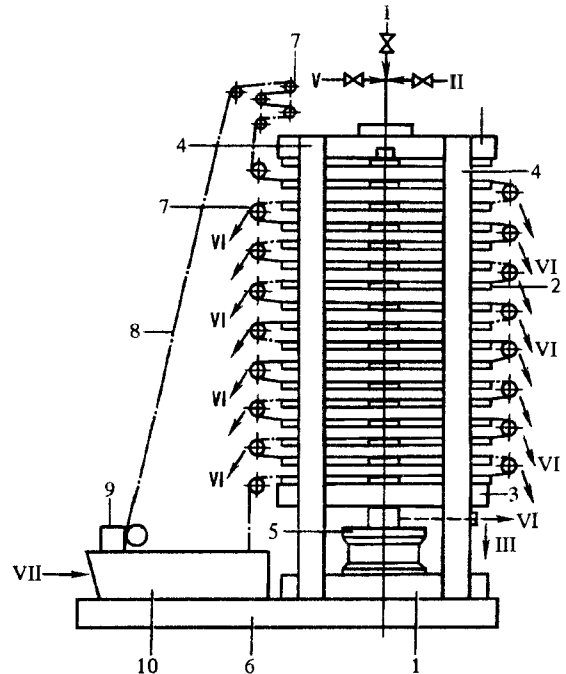


Рис. 5. Автоматизированный горизонтальный камерный фильтр-пресс: 1, 3 – опорная и нажимная плиты; 2 – комплект фильтрующих плит; 4 – балки-стяжки; 5 – механизм зажима плит; 6 – рама; 7 – ролики; 8–10 – фильтровальная ткань, привод с перемещения и камера для регенерации.

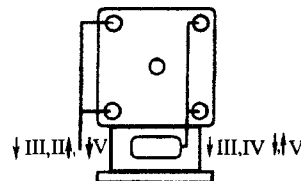
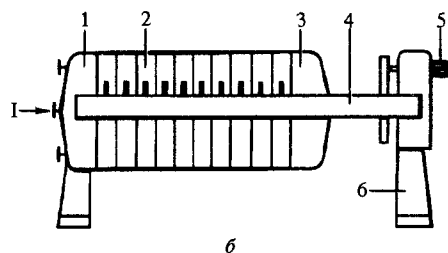


Рис. 6. Вертикальный камерный фильтр-пресс: а – вид спереди, б – вид сбоку; 1–5 – см. на рис. 5; 6 – стойка. Направления потоков приведены в последовательности операций (фильтрация, промывка и просушка осадка).



Общей особенностью фильтр-прессов всех конструкций является пакет фильтровальных элементов – плит (ФПК) или чередующихся плит и рам (ФПР), зажимаемый между неподвижной опорной и подвижной нажимной массивными жесткими плитами. Фильтровальные элементы опираются спец. кронштейнами на балки-стяжки. Плиты ФПК имеют круглую, квадратную или прямоугольную форму, плиты

ФПР – только квадратную либо прямоугольную. Все плиты снабжены рифлениями для стока фильтра и углублениями для накопления осадка, а для подачи и удаления осадка суспензии – сквозными отверстиями. Последние при сборке плит (рам) в пакет образуют каналы для подачи суспензии, промывной жидкости, сжатого газа и отвода фильтратов. На неподвижной плите имеются соответствующие этим каналам отверстия и штуцеры для присоединения трубопроводов. Между плитами (рамами) располагаются полотна ФП, в к-рых также находятся подобные отверстия.

Суспензия по каналу подается под давлением в камеры или рамы до заполнения этого пространства осадком, к-рый при необходимости промывают, подавая промывную жидкость через ткань или по каналу, через к-рый движется суспензия (во мн. горизонтальных фильтрах). Осадок обезвоживают продувкой сжатым газом или отжимом (эластичными диафрагмами из резины либо полипропилена) под давлением до 1,5 МПа. Выгрузка осадка производится гравитационно (иногда с вибропобуждением) либо при перемещении бесконечной фильтровальной ленты и перегибе ее на роликах с подчисткой ножом. Фильтровальную ткань регенерируют активаторами в заполненной жидкостью камере либо перемещением вдоль фильтра распылит. устройства, вода в форсунки к-рого поступает под давлением до 10 МПа. Большинство фильтр-прессов работает автоматически.

Емкостные фильтры, работающие под давлением, наз. druk-фильтрами, под вакуумом – нутч-фильтрами. Друк-фильтры (рис. 7) – вертикальные сосуды (обычно с рубашкой) с эллиптич. днищем, верх. пространство над к-рым служит для приема суспензии, нижнее – для фильтрата. На ложном днище и ниж. части корпуса крепится ФП. При Ф. в заполненный суспензией корпус подают сжатый газ. Полученный осадок промывают, просушивают и выгружают с помощью мешалки через люк в боковой пов-сти или в центре ложного днища. В ряде конструкций осадок удаляют после опускания ложного днища перемещением ленты фильтровальной ткани, к-рая по окончании выгрузки осадка проходит через камеру регенерации. Известны друк-фильтры, корпус к-рых может поворачиваться

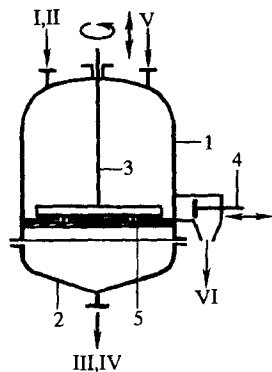


Рис. 7. Друк-фильтр: 1 – корпус; 2 – днище; 3 – мешалка; 4 – запорное устройство; 5 – ложное днище.

на 90–180° в закрепленных на его цилиндрич. части цапфах. На друк-фильтрах разделяют средне- и хорошо-фильтрующиеся суспензии в средне- и малотоннажных произ-вах; в последнем случае в одном аппарате последовательно проводят хим. р-цию с получением суспензии, Ф., промывку и сушку осадка. Требования к концентрации суспензии и скорости осаждения твердой фазы ограничиваются возможностями транспортирования ее по вертикальным трубопроводам. Герметичность и возможность изготовления фильтров из любых конструкционных материалов распространяет область применения друк-фильтров на пожаро- и взрывоопасные, кристаллизующиеся и токсичные среды.

Нутч-фильтры используются для разделения хорошо-фильтрующихся, нетоксичных и невзрывоопасных суспензий в малотоннажных произ-вах. Эти фильтры – открытые сосуды круглого или прямоугольного сечения с ложным днищем, служащим опорой для ФП. Ниж. пространство соединяется с вакуум-ресивером и сборником фильтрата. Осадок выгружается с помощью мешалки вручную при опрокидывании корпуса или передвижной тканью.

Патронные фильтры (рис. 8) служат для Ф. и сушения малокоцентрир. суспензий, в т.ч. из токсичных, пожаро- и взрывоопасных, а также агрессивных сред. Из-за неравномерности распределения осадка по высоте фильтро-

вальных элементов скорость осаждения твердой фазы не должна превышать 2–5 мм/с; возможность промывки осадка ограничена. Данные фильтры представляют собой вертикальные цилиндрич. сосуды (иногда с паровой рубашкой) с откидывающейся либо съемной крыш-кой, конич. (иногда с побудителем выгрузки осадка в виде мешалки или вибратора) либо эллиптич. (для фильтров с малой пов-стью Ф.) днищем. Внутри корпуса располагаются цилиндрич. фильтрующие элементы (патроны), прикрепленные к коллектору в верх. или ниж. части (свечевые фильтры) либо на решетке, разделяющей корпус на две половины (верхняя для фильтрата, нижняя для суспензии). Патроны: 1) дренажные основания – пружины или перфорир. трубы круглого либо звездчатого сечения, снаружи с фильтровальной рукавной тканью, плотно навитой проволокой, нитью (бобина) или набором шайб; 2) пористые трубы из керамики, металлокерамики, пластмасс, прессованных волокнистых отходов с полимеризующейся пропиткой; 3) складчатые элементы из картона, полимерных мембран, сеток.

Суспензия подается в корпус фильтра под давлением, а образовавшийся осадок толщиной до 10–15 мм сбрасывается обратным током фильтрата или его смеси с газом и оседает в конич. части аппарата, после чего цикл повторяется до заполнения конуса. Выгрузка осадка м. б. мокрой (суспензия просто сливают) или сухой (после Ф. в корпус подают сжатый газ, выдавливают суспензию, а затем сбрасывают и выгружают осадок). Конструкция позволяет возвращать мутный фильтрат и намывать слой ФВВ.

Листовые фильтры бывают вертикальные и горизонтальные. Фильтрующий элемент – лист-рама прямоугольной или круглой (только для горизонтальных фильтров) формы из труб либо проката с вкладываем; последний выполнен из гофрир. или перфорир. листа либо полимерных (деревянных) решеток, на к-рые натягивается сетка или фильтровальная ткань. Осадок снимают гидросмывом либо вибрацией; сброс – вибрацией, ножами при вращении пакета листов, отдувкой воздухом, гидросмывом или обратным током фильтрата; выгрузка – скребками, шнеками и др. По области применения эти фильтры близки к патронным фильтрам.

Дисковые фильтры с инерционной выгрузкой осадка (рис. 9) предназначены для осветительного Ф. с намывным слоем ФВВ и разделения малокоцентрир. суспензий, в т.ч. токсичных, агрессивных, пожароопасных ($v_{\infty} < 10$ мм/с). В вертикальном цилиндрич.-конич. корпусе на полой валу насажены диски (тарелки) с конич. уклоном для отвода фильтрата через вал. На верх. пов-сть крепятся дренажная решетка и ФП (сетка, ткань). Промывка осадка проводится после слива суспензии подачей жидкости на верх. тарелку и далее переливом на последующие. Про-

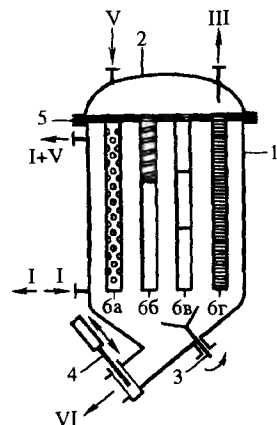


Рис. 8. Патронный фильтр: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – мешалка-разгрузчик; 4 – запорное устройство; 5 – решетка; ба – бг – перфорированный, пружинный, керамический (металлокерамический) и пайболовый патроны.

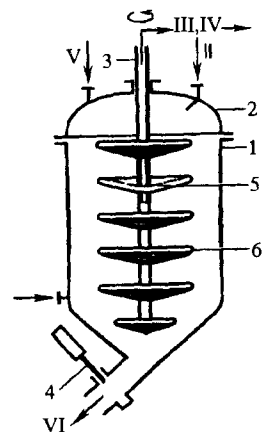


Рис. 9. Дисковый фильтр с инерционной выгрузкой осадка: 1, 2, 4, 5 – см. на рис. 8; 3 – полой вал; 6 – фильтрующий диск.

мытый осадок выгружают в заполненный суспензией или пустой корпус.

Дисково-пакетные фильтры применяют только для осветительного Ф. малоконцентрир. суспензий через картон, бумагу, нетканые материалы, картон с нанесенным слоем ФВВ из достаточно вязких горючих и агрессивных сред. В вертикальном цилиндрич. корпусе монтируется пакет дисков, стянутых по периферии шпильками и герметизируемых по наружной кольцевой пов-сти дисков и внутр. втулок; верх. пов-сть — фильтрующая. Суспензия подводится через отверстия в наружных пов-стях дисков, фильтрат отводится с дренажной пов-сти через отверстия во втулках. Последние в сборе образуют канал для отвода фильтрата. Осадок удаляют после извлечения и разборки пакета дисков.

Выбор способов разделения

Разделение суспензий проводят, кроме фильтров, в отстойниках, гидроциклонах, центробежных сепараторах, осадит. и фильтрующих центрифугах, области применения к-рых достаточно индивидуальны. Непременным условием возможности использования всех перечисленных аппаратов и машин (за исключением фильтрующих центрифуг) является наличие разности плотностей твердой и жидкой фаз, т.е. скорости оседания в гравитац. и (или) центробежном полях. Отстойники, гидроциклоны и зачастую центрифуги не позволяют добиться хорошей четкости разделения. Отстойники просты по конструкции, не требуют существ. энергозатрат и используются обычно в качестве сгустителей; гидроциклоны просты, малогабаритны и позволяют разделять поток на две суспензии с твердой фазой разл. крупности; сепараторы обеспечивают разделение малоконцентрир. суспензий с мелкодисперсной твердой фазой; центробежные машины достаточно сложны, требуют квалифиц. обслуживания, существ. затрат энергии; осадит. центрифуги применяют для разделения суспензий разной концентрации с получением достаточно обезвоженного кристаллич. осадка, не требующего промывки; фильтрующие центрифуги — концентрир. суспензий с получением хорошо обезвоженного и иногда промытого осадка.

Фильтры имеют достаточно широкую области применения (несмотря на сложность или высокую стоимость эксплуатации, необходимость замены ФП; табл.), перекрывающую почти весь диапазон областей использования указанного выше оборудования, позволяют достигнуть хорошей четкости

разделения и отмывки осадка. При выборе аппаратуры учитывают особенности произ-ва, требования к продуктам разделения, св-ва суспензий и технол. возможности оборудования. По результатам анализа этих факторов проводят предварит. выбор вариантов, в т.ч. двухстадийных [гидроциклон + фильтр (центрифуга), центрифуга + патронный фильтр, патронный фильтр + фильтр = пресс и т.п.], а затем — эксперим. проверку.

Моделирование и оптимизация процессов фильтрования. Моделирование заключается в определении параметров работы фильтров (прежде всего их производительности и общей продолжительности Ф.) по полученным на модельных установках опытным данным (качество фильтрата, показатели кинетики Ф., промывки, обезвоживания и сушки осадка, его реологич. характеристики и т.д.), в анализе этих данных с учетом фильтрационных св-в суспензии и ФП, а также *масштабного перехода* от лаб. фильтра к промышленному.

В качестве критерия оптимизации (см. *Оптимизация*) при расчете периодически действующих фильтров принимают их производительность или стоимость. Оптимальная продолжительность Ф., при к-рой достигается макс. производительность Q_{\max} фильтров, определяется из соотношения:

$$\tau_{\text{опт}} = \frac{\tau_{\text{всп}} b}{(\tau + \tau_{\text{пр}}/\tau + \tau_{\text{с}}/\tau)(1-b)}, \quad (7)$$

где τ , $\tau_{\text{пр}}$, $\tau_{\text{с}}$, $\tau_{\text{всп}}$ — продолжительность соотв. цикла Ф., промывки и сушки осадка, вспомогат. операций. Если $\tau_{\text{пр}} = 1$, $\tau_{\text{с}} \leq \tau$ и $b = 0,5$, то Q_{\max} достигается при $\tau = \tau_{\text{всп}}$. Оптимальный для всей хим.-технол. системы режим Ф. может не соответствовать режиму максимума производительности или минимума затрат.

Лабораторная техника

В лаб. практике Ф. проводят под гидростатич. давлением, используя конусообразные воронки и складчатые фильтры из фильтровальной бумаги, либо под вакуумом на фарфоровых воронках Бюхнера, устанавливаемых на колбы Бунзена, или на фильтрующих воронках с пористым стеклом (пористые стеклянные фильтры). Конструкции лаб. стеклянных и фарфоровых воронок не позволяют надежно закреплять ФП из ткани, пористых пластмасс и металлов. Поэтому для моделирования процессов Ф. в лабораториях используют спец.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЛЬТРОВ

Типы фильтров	Фильтрационные свойства суспензии				Технологические возможности						
	толщина осадка, образovanого за 1 мин, см	твердая фаза			качество фильтрования*	типы осадков	толщина осадка, мм	качество промывки осадка	герметичность**	т-ра, °C	давление, МПа
		размер частиц, мкм	скорость оседания, мм/с	концентрация, г/л							
Барабанные и дисковые	0,3–0,8	1,0–300	18	10–400	3–4	Любые	1–50	3	+, – +	10–90	0,025–0,06
Вакуумные											
Ленточные	0,5–15	3,0–5000	Не ограничена	50–650	3	Кроме липких	3–100	5	– +, –	10–70(90)	0,015–0,06
Вакуумные, тарельчатые, карусельные											
Барабанные под давлением	0,1–10	1,0–150	Не ограничена	20–200	4	Кроме тиксотропных	5–30	5	++	5–150	0,3
Динамические	0,05–2,0	1,0–100	1	5–150	3–4	Тиксотропные	0–0,5	5	++	120	0,3
Ротационные	1,0–10,0	15–100	8	50–200	3	Кроме липких и тиксотропных	3–20	—	++	120	0,6
Патронные											
Ленточные фильтр-прессы	0,5–3,0	10–300	Не ограничена	10–50	3	Плотные, сжимаемые	3–15	3	–	5–40	0,0005–6,0
Фильтр-прессы	0,005–3,0	0,5–200	25	0,3–400	4	Кроме тиксотропных	5–80	3–5	–, – +	От –20 до 180	0,3–2,0
Друк-фильтры	0,1–10	2–2500	Не ограничена	20–800	4	Пастообразные, сыпучие	10–500	4–5	++	От –20 до 200	0,3–0,6
Патронные	0,01–0,5	0,5–50	2–5	0,05–20	5	Любые	3–15	3	++	От –20 до 200	0,3
Листовые	0,02–0,5	0,5–100	5	0,1–50	4	Кроме липких	3–20	3	++	От –20 до 90	0,3 (0,6)
Дисковые с инерц. выгрузкой	0,0005–1,0	0,5–50	7–10	0,05–50	5	Кроме липких и тиксотропных	5–35	4–5	++	120	0,6
Дисково-пакетные	0,005–0,1	0,5–25	1	0,05–1,0	5	Любые	0,5–50	3–4	++	70	0,3

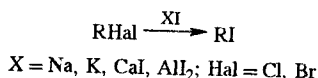
* 5—отличное (до 50–30 мг/л примесей); 4—хорошее (до 60); 3—удовлетворительное (до 120). ** ++ всегда; + возможна; – редко; – невозможна.

оборудование: установки с погружными и наливными воронками, т. наз. бомбу с элементом листового фильтра, небольшие модели фильтров, комплектные установки.

Лит.: Брук О.Л., Процессы промывки осадков, М., 1973; Жужиков В.А., Фильтрация, 4 изд., М., 1980; Разделение суспензий в химической промышленности, М., 1983.

И.А. Кобринский.

ФИНКЕЛЬШТАЙНА РЕАКЦИЯ (Конанта – Финкельштайна р-ция), замещение хлора или брома в орг. соед. на иод при действии иодидов металлов:



Наиб. легко в Ф.р. вступают α-галогенкарбонильные соед., аллил- и бензилгалогениды. Легкость обмена галогенами уменьшается в ряду алкилгалогенидов: первичные > вторичные > третичные. Бромиды обычно более реакционноспособны, чем хлориды. Обмен галогена в ароматич. кольце возможен лишь при наличии электроакцепторного заместителя. Винилбромиды дают удовлетворит. выходы иодидов при действии KI в присут. катализатора – смеси NiBr₂ с цинком.

Р-цию проводят в р-рителе (ацетоне, метилэтилкетоне, H₂O, CH₃OH); чаще используют ацетон, обеспечивающий р-римость наиб. часто используемого иодирующего агента NaI и выведение из р-ции (выпадение в осадок) NaCl или NaBr, что смещает равновесие р-ции в сторону образования RI.

Обычно смесь иодида металла и RHal в р-рителе кипятят с обратным холодильником до прекращения выпадения осадка хлорида или бромиды металла [напр., при получении (CH₃)₃CCN₂I из бромиды и NaI – 48 ч]. Выходы колеблются в широких пределах: в случае реакционноспособных органилбромидов они составляют 80–90%, при использовании третичных алкилхлоридов – 20–40% (выход повышается при проведении р-ции в присут. ZnCl₂ в среде CS₂).

Осн. побочные продукты – олефины (результат дегидрогалогенирования RHal), а также спирты и простые эфиры.

По механизму Ф.р. – типичное бимол. нуклеоф. замещение (S_N2), сопровождающееся обращением конфигурации.

Ф.р. используют в препаративной практике для синтеза орг. иодидов, к-рые трудно или невозможно получить др. способами (напр., непосредственным иодированием), а также в аналит. химии – для качеств. обнаружения орг. хлоридов и бромидов.

Р-ция открыта Г. Финкельштайном в 1910.

Лит.: Шрайнер Р., Фьюзон Р., Систематический качественный анализ органических соединений, пер. с англ., М., 1950; Treibs W. [и др.], «Chem. Ber.», 1960, Bd 93, № 10, S. 2198–208.

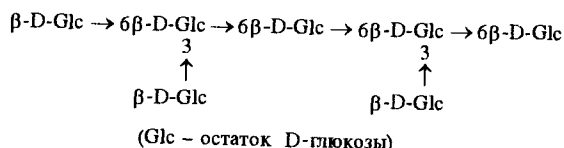
Г.И. Дрозд.

ФИТОГОРМОНЫ, низкомолекулярные природные орг. в-ва, вырабатываемые определенными частями высших растений. При низких концентрациях (10⁻³ – 10⁻¹¹ М) вызывают в разл. частях растений специфич. биохим., физиол. и морфол. изменения.

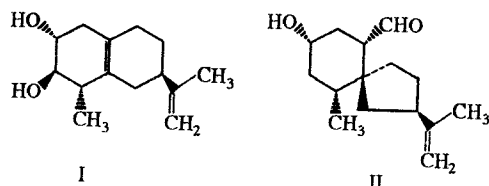
К классич. Ф. относят ауксины, гиббереллины, цитокинины, а также абсцизовую кислоту и эндогенный этилен. Св-вами Ф. обладают brassinosteroids (см. Регуляторы роста растений). Последние выделены из пыльцы рапса, ольхи и др. источников, служат синергистами ауксинов и гиббереллинов. Они существенно повышают урожай мн. с.-х. культур.

Новый класс Ф. – олигосахарины – биорегуляторы олигосахаридной природы (изучение их начато с 1978).

Молекулы олигосахаридов представляют собой короткие, обычно семи-, восьми- или девятичленные олигосахаридные цепочки из простых моносахаридных звеньев. Напр., олигосахарин, образующийся из клеточных стенок патогенного гриба *Phytophthora megasperma* при заражении им сои, представляет собой разветвленный гептаглюкозид:



Олигосахарины осуществляют запуск большого каскада биохим. р-ций, конечной стадией к-рых является синтез стрессовых метаболитов, или фитоалексинов, – защитных в-в, синтезируемых растениями в ответ на заражение их фитопатогенными грибами. Так, основные фитоалексины картофеля – ришитин (ф-ла I) и либимин (II). Олигосахарины стимулируют также биосинтез лигнина в клеточных стенках растения, препятствуя дальнейшему проникновению гриба.



По сравнению с гормонами животных специфичность биол. действия Ф. выражена слабее и четко отличается только в спец. тестах. Для Ф. характерна также разл. чувствительность к ним разных тканей растения, синергизм действия, способность растения переводить Ф. в менее активные гликозилированные производные.

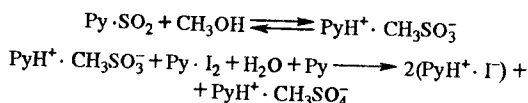
Мол. механизмы действия Ф., в особенности первичные мишени их действия, изучены недостаточно.

Лит.: Метлицкий Л.В., Озеренковская О.Л., Фитоалексины, М., 1973; Полевой В.В., Фитогормоны, Л., 1982; Дерфянг К., Гормоны растений. Системный подход, пер. с нем., М., 1985; Эльберштейн П., Дарьял А.Г., «В мире науки», 1985, № 11, с. 16–23; Гудвин Т., Мерсер Э., Введение в биохимию растений, пер. с англ., т. 2, М., 1986, с. 203–68; Усов А.И., «Успехи химии», 1993, № 11, с. 1119–41; Moore T.C., Biochemistry and Physiology of Plant hormones, 2 ed., N.Y., Tokyo, 1989.

В.В. Оноприенко.

ФИТТИГА РЕАКЦИЯ, см. Вюрца реакция.

ФИШЕРА РЕАКТИВ, 1) Р-р I₂ и SO₂ в пиридине (Py) и метаноле. Получают его растворением сублимируемого I₂ в смеси безводного пиридина и абс. метанола, р-р охлаждают льдом и добавляют жидкий или газообразный SO₂ (соотношение SO₂:I₂ = 1:1,3). Ф.р. взаимодействует с водой по схеме:



Пиридин необходим для связывания кислых продуктов р-ции и создания оптимального pH в интервале 5–8. Ф.р. применяют для прямого и обратного титриметрич. определения воды. Точку эквивалентности устанавливают по появлению или исчезновению желтой окраски I₂ методом амперометрии или потенциометрии. В широком распространенном кулонометрич. варианте титрование осуществляют электрогенерированным I₂ в р-ре, содержащем I⁻, SO₂, пиридин и метанол.

Используют разл. модификации Ф.р. Так, вместо пиридина применяют диэтиламин или имидазол, вместо I₂ и пиридина – смесь CH₃COONa с KI или NaI (т. наз. ацетатный Ф.р.), вместо метанола – метил- или этилцеллозольв. Для определения влажности в-в, взаимодействующих с метанолом с выделением H₂O (альдегиды, кетоны, сильные к-ты, спирты и др.), используют Ф.р., в к-ром метанол заменен на ДМФА или смесь кислоты с трихлорэтиленом.

С помощью Ф.р. определяют содержание H₂O (не менее 5·10⁻⁶%) в нефти, лаках, красках, пищ. продуктах, лек. ср-вах и др. Он непригоден для определения влажности окислителей и восстановителей, реагирующих с его компонентами с поглощением или выделением воды или I₂.

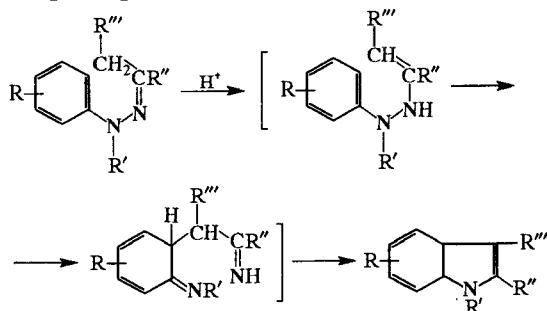
Реактив предложен К. Фишером в 1935.

2) Р-р фенилгидразина и ацетата Na в воде (соотношение реагентов соотв. 2:3:20). Образует окрашенные озозоны с углеводами. Применяется для качеств. обнаружения последних. Предложен Э. Фишером в 1884.

Лит.: Mitchell J. Jr., Smith D.M., Aquametry, 2 ed., Pt. 3, N.Y., 1980; Sherman F.B., «Talanta», 1980, v. 27, № 12, p. 1067–72; Scholz E., Karl Fischer Titration, N.Y., 1984.

Ф.Б. Шерман.

ФИШЕРА РЕАКЦИЯ, синтез индолов внутримол. конденсацией арилгидразонов в присут. кислотных агентов:

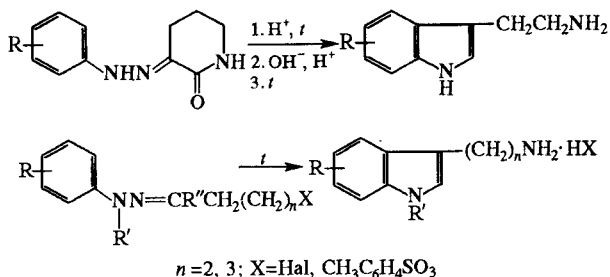


Ф. р. проводят, как правило, при нагр. р-ра арилгидразона в присут. протонной к-ты или к-ты Льюиса. Иногда ее осуществляют в присут. оснований, солей переходных металлов или термически.

В р-цию вступают арилгидразоны разл. альдегидов (труднее всего уксусного) и кетонов; электроноакцепторные заместители в арильном ядре неск. затрудняют р-цию. Циклизация *мета*-замещенных фенилгидразонов приводит к смеси изомерных 4- и 6-замещенных индолов.

Считается общепринятым, что ключевой стадией процесса является кислотно-катализируемая перегруппировка енгидразинной формы арилгидразона по схеме 3,3-сигматропного сдвига (т. наз. 3,4-диазаперегруппировка Коупа; см. также *Коупа перегруппировка*) с последующей ароматизацией 6-членного и замыканием пиррольного циклов.

Частные примеры Ф. р. – синтез триптамина и гомотриптамина:



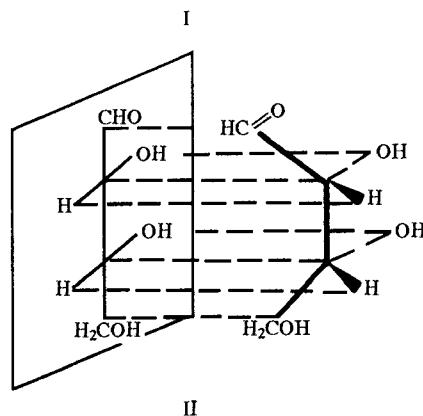
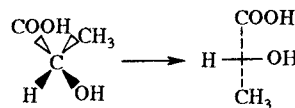
Близкие аналоги Ф. р. – р-ция Бухерера – получение бензокарбазолов при нагр. нафтолов и арилгидразинов с NaHSO_3 , а также синтез гидроксиндолов по Бруннеру (циклизацией N-ацил-N'-арилгидразинов) и α -аминоиндолов по Косту из N-ацил-N'-арилгидразинов (см. также *Коста-Сагитуллина перегруппировка*, *Бухерера реакция*).

Р-ция открыта Э. Фишером в 1883.

Кроме этой р-ции Фишером было открыто еще неск. р-ций, также носящих его имя: 1) получение арилгидразинов восстановлением солей арилдиазония сульфитами щелочных металлов (1875); 2) образование озонов при нагр. моносахаридов с избытком арилгидразина (1884); 3) получение О-алкилгликозидов при нагр. моносахаридов со спиртами в кислой среде (1893); 4) получение сложных эфиров при взаимодействии карбоновых к-т со спиртами в присут. минер. к-т (совместно с А. Шпайером; 1895); 5) синтез ацеталей при взаимодействии альдегидов со спиртами в присут. HCl (1897); 6) синтез 2-дезоксисахаров из моносахаридов (1914); 7) получение мочевой к-ты из псевдомочевой циклодегидратацией под действием к-т (1895); 8) синтез 2,5-диарилтоксазолов кислотной конденсацией ароматич. альдегидов с нитрилами α -гидроксикислот (1896); 9) получение дипептидов гидролитич. расщеплением 2,5-дикетопиперазинов (1901); 10) синтез пептидов взаимодействием хлорангидридов α -галогенкарбоновых к-т с α -аминокислотами или их эфирами с послед. гидролизом и аммонолизом.

Лит.: Вацуро К.В., Мищенко Г.Л., Именные реакции в органической химии, М., 1976, с. 416–22; Пржевальский Н.М. [и др.], Химия гетероциклич. соединений, 1988, № 7, с. 867–80. В.Н. Дрозд.

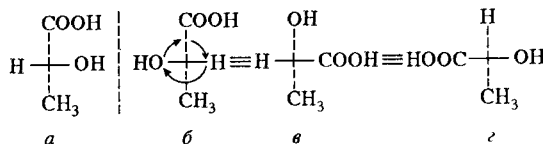
ФИШЕРА ФОРМУЛЫ (проекция Фишера), способ изображения на плоскости пространств. структур орг. соед., имеющих один или неск. хиральных центров. При проектировании молекулы на плоскость (рис.) асимметрич. атом обычно опускают, сохраняя лишь перекрещивающиеся линии и символы заместителей; при этом заместители, находящиеся перед плоскостью, располагают справа и слева, а за плоскостью – сверху и внизу (пунктирная линия).



Ф-лы Фишера для молекулы с одним асимметрич. атомом (I), а также схема построения такой ф-лы для соединений с двумя асимметрич. атомами (II).

Цепь молекулы с неск. асимметрич. атомами располагают в пространстве вертикально в виде равномерно выпуклой ломаной линии, обращенной выпуклостью к наблюдателю. При написании Ф. ф. обычно функц. группу (если она стоит в конце цепи) ставят наверху и главную цепь располагают вертикально.

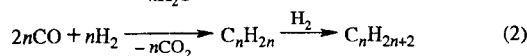
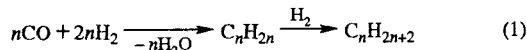
При повороте ф-лы в плоскости чертежа на 180° , а также в случае двух (или любого четного числа) перестановок заместителей у одного асимметрич. атома С либо при перемене местами трех заместителей по часовой или против часовой стрелки (ф-лы б, в, г) стереохим. смысл ф-лы не меняется; поворот ф-лы на 180° с выводом из плоскости, а также перемена местами двух заместителей (т.е. нечетное число перестановок) приводит к проекции антипода (а и б):



Ф. ф. широко применяют в химии углеводов. Предложены Э. Фишером в 1891.

М.А. Федоровская.

ФИШЕРА – ТРОПША СИНТЕЗ, каталитич. гидрирование оксида углерода с образованием смеси углеводородов; в зависимости от катализатора и условий, в к-рых осуществляется синтез, процесс преим. протекает по схеме (1) или (2):



В направлении (1) синтез идет на никелевых (напр., $\text{Ni-Mn-Al}_2\text{O}_3$ на кизельгуре или сплав Ni-Si-Mn) либо ко-

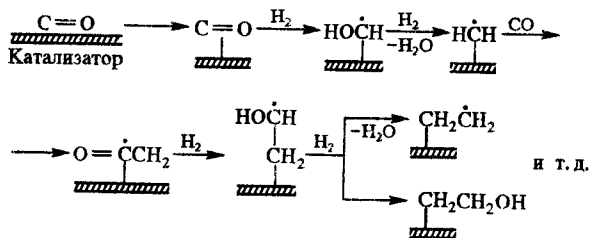
бальтовых катализаторах (напр., Co-ThO_2 или $\text{Co-ThO}_2\text{-MgO}$ на кизельгуре) при 175–215 °C, 0,1–1,5 МПа, объемном соотношении CO/H_2 ок. 1/1–1/2. Выход углеводородов в этом случае составляет 100–180 мл на 1 м³ исходной газовой смеси. Пример фракционного состава для Co-катализатора : фракция с т. кип. < 150 °C («бензин») – 20–24%; 150–200 °C – 12–15%; 250–300 °C – ок. 25%; парафины 34–42%. В осн. все фракции содержат алканы с нормальной цепью; «бензиновая» фракция содержит от 8 до 40% олефинов.

На катализаторах на основе железа (напр., Fe-ZnO либо Fe-Cu-Mn на доломите или кизельгуре) при 220–250 °C, 0,5–1 МПа и объемном соотношении CO/H_2 ок. 2/1 – 1/1 преобладает процесс (2). Выход углеводородов до 160 мл на 1 м³ газовой смеси (в т. ч. бензина и масел ок. 110 мл). В числе жидких продуктов – значит. кол-ва (до 60%) терминальных олефинов.

Парафины преим. (60–70%) образуются на рутениевых катализаторах при 180–200 °C и 10–30 МПа. На оксидах Cr , Mo , Th с добавками K_2CO_3 при 475–500 °C, 3 МПа и соотношении CO/H_2 ок. 1/1 образуются значит. кол-ва ароматич. соединений. На оксидах Zn , Al или Th при 420–450 °C, 30 МПа и соотношении CO/H_2 ок. 1,2/1 осн. продукты – изоалканы (гл. обр. изобутан и изопентан).

В качестве побочных продуктов образуются в незначит. кол-вах карбоновые к-ты, спирты, альдегиды.

Механизм Φ -Т.с. до конца не выяснен. Наиб. вероятно, что первая стадия – образование комплекса металла и CO , затем начинается синтез углеводородной цепи, напр.:



В росте цепи могут участвовать структурные единицы с одним, двумя и большим числом атомов C (образуются, напр., в результате деструкции углеводородов с длинной цепью).

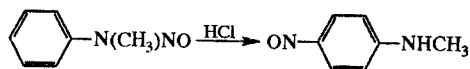
В присут. Ce , Cr , Mn , Mo и нек-рых др. металлов, а также их оксидов при высоких давлениях и т-рах (ок. 15 МПа, 400–450 °C) из CO и H_2 образуются гл. обр. кислородсодержащие соед. (ок. 10% к-т, остальное – спирты, альдегиды, кетоны).

Φ -Т.с. используют в пром-сти для получения жидких моторных топлив и парафинов (в большинстве стран синтез считается экономически невыгодным).

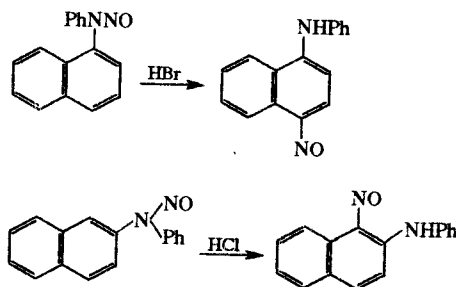
Процесс открыт Φ . Фишером и Г. Тропшем в 1923.

Лит.: Рапопорт И.Б., Искусственное жидкое топливо, 2 изд., М., 1955; Эйдус Я.Т., «Успехи химии», 1967, т. 36, в. 5, с. 824–46. Г.И. Дрозд.

ФИШЕРА – ХЕППА ПЕРЕГРУППИРОВКА, перегруппировка ароматич. N -нитрозаминов под действием к-т, в результате чего группа NO мигрирует к атому C ароматич. кольца, напр.:



В р-цию вступают как замещенные в кольцо, так и незамещенные вторичные N -нитрозофенил- или N -нитрозо-нафтиламины. Незамещенные в кольцо N -нитрозофениламины дают исключительно n -нитрозопроизводные, N -нитрозо-1-нафтиламины – 4-нитрозопроизводные; N -нитрозо-2-нафтиламины превращаются в 1-нитрозо-2-нафтиламины, напр.:



Если заместитель находится в *para*-положении фенильного кольца по отношению к нитрозаминогруппе, то р-ция не идет. Объемные заместители у атома N обычно затрудняют р-цию и могут полностью ее блокировать. Не вступают в р-цию 1-замещенные N -нитрозо-2-нафтиламины (напр., 1-бром- N -метил- N -нитрозо-2-нафтиламин).

Р-цию проводят в смеси этанола с диэтиловым эфиром при комнатной т-ре; реже в качестве р-рителей используют H_2O или CH_3COOH . Катализаторами для этой р-ции м. б. мочевины, NaN_3 , анилин или сульфаминовая к-та. Обычно используемые к-ты – HCl или HBr ; с HNO_3 Φ -Х. п. не идет. Выходы колеблются в широких пределах (для незамещенных в кольцо N -нитрозо- N -алкилариламинов достигают 80–90%). Осн. побочные продукты – вторичные ариламины.

Показано, что механизм р-ции включает, в частности, денитрозирование N -нитрозамина под действием H^+ . Образующийся ион $[\text{H}_2\text{NO}_2]^+$ в присут. ионов Hal^- может давать нитрозилгидрид. Последний может нитрозировать вторичные ароматич. амины в *para*-положение ароматич. кольца. Показано также, что Φ -Х. п. идет в присут. большого избытка мочевины, к-рая способна перехватывать NOCl и др. нитрозирующие агенты. Это позволяет предположить, что существует и внутримол. механизм р-ции. По-видимому, перегруппировка может осуществляться по обоим механизмам.

Φ -Х. п. используется в препаративных целях. Открыта O . Фишером и Э. Хеппом в 1886.

Лит.: Химия нитро- и нитрозогрупп, пер. с англ., т. 1, М., 1972; Williams D., Wilson J., J. Chem. Soc., Perkin Trans. II, 1974, № 1, p. 13–17.

Г.И. Дрозд.

ФЛАВИНОВЫЕ КОФЕРМЕНТЫ, см. Коферменты, Рибофлавин.

ФЛАВОН (2-фенил-4-хроменон, α -фенилхроменон), мол. м. 222,2; бесцв. кристаллы с т. пл. 99–100 °C; хорошо раств. во мн. орг. р-рителях, плохо – в воде. В конц. H_2SO_4 раств. с фиолетовой флуоресценцией, образуя нестабильную соль бензопирилия. При нагр. с алкоголями Φ образует α -гидроксисацетифенон и бензойную к-ту (р-ция используется для определения строения производных Φ).

В природе выделено св. 500 производных Φ . (см. Флавоноиды). Сам Φ обнаружен в виде налета на листьях и цветах нек-рых видов примул. Так, напр., в растении *Reseda luteola* содержится лутеолин (3', 4', 5, 7-тетрагидроксифлавоны), являющийся основой желтого растит. красителя «вау»; часто встречаются также алигенин (4', 5, 7-тригидроксифлавоны) и нобилетин (3', 4', 5, 6, 7, 8-гексаметоксифлавоны). В листьях мн. злаковых в небольших кол-вах находится трицин (4', 5, 7-тригидрокси-3', 5'-диметоксифлавоны).

Осн. методы синтеза производных Φ – конденсация разл. гидроксифенолов с этиловым эфиром ароматической к-ты $\text{ArC(O)CH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ при пониженном давлении или нагревание α -гидроксисацетифенона со смесью ангидрида и Na -соли ароматич. карбоновой к-ты.

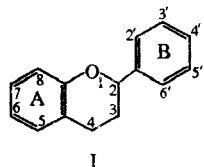
Лит. см. при ст. Флавоноиды.

М.Н. Запорожков.

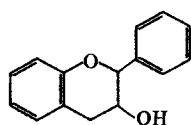
ФЛАВОНОИДЫ, растит. пигменты, представляющие собой гликозиды фенольного характера, содержащие в качестве аг-

ликона гл. обр. производные флавана (2-фенилхромана, ф-ла I).

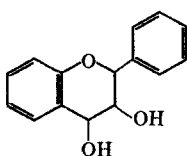
Разнообразие прир. Ф. достигается вследствие того, что они, как правило, содержат в агликоне неск. гидроксильных или метоксильных групп, причем заместители находятся преим. в положениях 5, 7, 4', 3' и 5'.



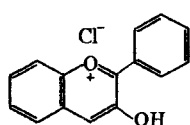
В зависимости от степени окисления центрального трехуглеродного фрагмента (атомы C₂, C₃ и C₄) Ф. подразделяют на производные флавана (ф-ла I), флаван-3-ола (II, катехины), флаван-3,4-диола (III), 3-гидрокси-2-фенилхромелийхлорида (IV; антоцианидины), флаванона (V), флавананола (дигидрофлаван; VI), флавоны (VII), флавонола (VIII), изофлавоны (IX). К Ф. в широком смысле слова относят также соед., химически и биосинтетически связанные с ними: производные халкона (X), дигидрохалкона (XI) и аурона (XII).



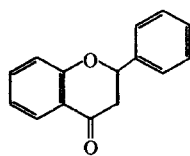
II



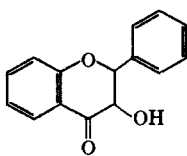
III



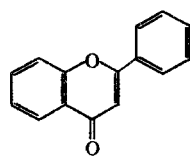
IV



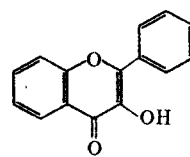
V



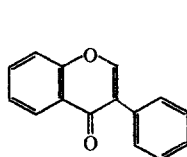
VI



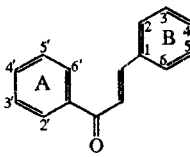
VII



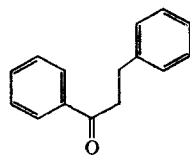
VIII



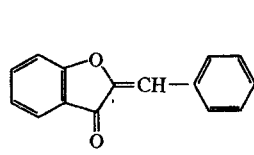
IX



X



XI



XII

Большинство прир. Ф. — О-, реже С-гликозиды с одной или неск. гидроксильными или метоксильными группами; исключение составляют флавоны, среди к-рых гликозиды встречаются редко. Углеводная часть молекул Ф. обычно содержит остаток глюкозы, рамнозы, галактозы, арабинозы, ди- или трисахарида.

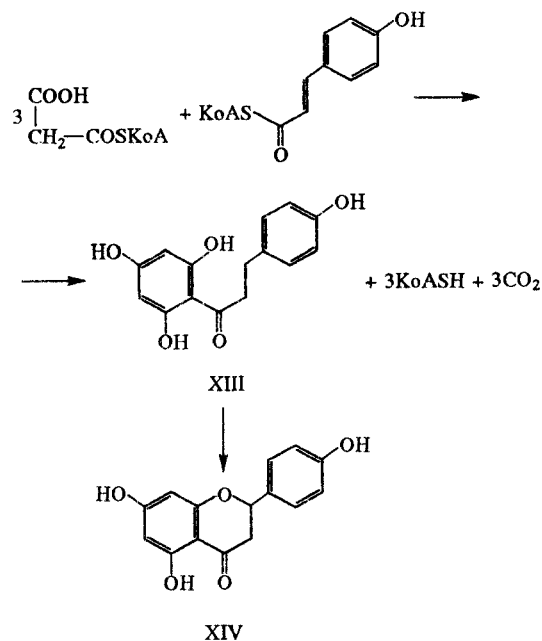
В природе наиб. широко распространены ацильные производные гликозидов антоцианидинов, флаванолов и флавонов, причем во всех известных случаях ацильный остаток (или неск. остатков) присоединяется к гидроксигруппам углеводного фрагмента. Наиб. часто ацильные остатки представлены гидроксикоричными к-тами [напр., *транс*-3-(3-гидроксифенил)пропеновой, или *п*-кумаровой, *транс*-3-(4-гидро-

кси-3-метоксифенил)пропеновой, или феруловой, либо *транс*-3-(3,4-дигидроксифенил)пропеновой, или кофейной], а также бензойными к-тами (*п*-гидроксibenзойной, бензойной и галловой), простыми карбоновыми к-тами (уксусной, малоновой, янтарной) и реже серной к-той (типично для флавонов).

Все флаваноны, флаванолы и дигидрохалконы — бесцв. кристаллы, халконы, флавоны, флаванолы и ауроны — кристаллы желтого цвета, антоцианидины (благодаря наличию оксониевой группы) имеют разл. окраску — от розовой до синей и фиолетовой (см. Антоцианы). Ф. легко образуют комплексы с ионами металлов, что используют для их идентификации методами спектрофотометрии. Антоцианы образуют также комплексы с флаванолами и флавонами в результате возникновения водородных связей между гидроксильными группами ангидрооснования антоцианидинов и гидроксильными группами в ароматич. ядре (копигментация). В результате такого взаимод. достигается огромное разнообразие окраски цветков растений.

Флаван-3-олы, флаван-3,4-диола и антоцианидины — нестойкие в-ва, легко окисляющиеся при нагр., под действием прямого солнечного света, ферментов пероксидазы и фенолоксидазы. Флавоны и флаванолы, напротив, достаточно стабильны. Другие Ф. занимают промежут. положение. Ф. также значительно различаются между собой по р-имости в орг. р-рителях и воде и др. физ.-хим. св-вам.

Общий предшественник всех Ф. — 4, 2', 4', 6'-тетрагидрохалкон (XIII), образующийся в результате катализируемой ферментом халкон-синтазой конденсации малонил-кофермента А и *п*-кумарил-кофермента А, далеким предшественником к-рого является шикимовая к-та (ф-лу к-ты см. в ст. Обмен веществ); далее тетрагидрохалкон под действием халкон-изомеразы превращается в 5, 7, 4'-тригидроксифлаванон (нарингенин, XIV), из к-рого также ферментативным путем далее образуется большинство Ф.:



Хим. синтез Ф. обычно осуществляют конденсацией 2-гидроксиацетифенонов с ароматич. альдегидами или ацилированием фенолов с коричными к-тами или их производными; в обоих случаях образуются гидроксичалконы, циклизация к-рых в присут. к-т приводит к соответствующим флаванонам.

Флавоны и флаванолы м.б. синтезированы окислением флаванонов (напр., под действием SeO₂, H₂O₂). Флаван-3-олы, флаван-3,4-диола и антоцианидины обычно получают восстановлением соответствующих флавонов или флаванолов; ан-

тоцианидины м.б. также синтезированы из полигидроксibenзальдегидов.

Ф-ции Ф.в. в растениях разнообразны и не до конца изучены. Они защищают фотосинтезирующий аппарат клетки растений от повреждающего воздействия коротковолнового УФ излучения, обладают антимутагенной активностью и играют роль индукторов (сигнальных в-в) во взаимоотношениях растений с микроорганизмами. В ряде случаев Ф. служат защитными агентами при поражении растений патогенами.

Нек-рые Ф., напр. катехин, гесперетин, рутин, кверцетин, а также производные халкона и дигидрохалкона относятся к группе витамина Р (см. *Биофлавоноиды*) и обладают капилляроукрепляющим действием. Ф. используют в медицине также в качестве радио- и гепатопротекторов, желчегонных, диуретич. и др. ср-в. Важное значение Ф. имеют в технол. процессах пищ. пром-сти, особенно в произ-ве чая, кофе, какао и виноделии, т.к. продукты окисления Ф. ответственны за специфич. вкусовые св-ва, цвет и, в известной мере, аромат продуктов переработки.

Лит.: Запорожцов М.Н., Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях, М., 1993; The Flavonoids, ed. by J.B. Harborne, T.J. Mabry, H. Mabry, L., 1975; The Flavonoids: advances in research since 1980, ed. J.B. Harborne, L.-N.Y., 1988.

М.Н. Запорожцов.

ФЛОКУЛЯНТЫ, в-ва, вызывающие в жидких дисперсных системах флокуляцию — образование рыхлых хлопьевидных агрегатов (флокул) из мелких частиц дисперсной фазы (см. *Коагуляция*).

Наиб. практич. значение имеет флокуляция в водной среде, вызванная высокомолекулярными (полиэлектролитами) или неионизированными полимерами. При этом наиб. вероятна т. наз. адсорбционная флокуляция — соединение частиц в результате адсорбции отдельных сегментов макромолекул цепи Ф. на разных частицах. Возможны также и др. механизмы: взаимод. между молекулами Ф., каждая из к-рых адсорбционно связана с одной частицей, неадсорбционная флокуляция, напр. вытеснительная, протекающая по механизму *гидрофобных взаимодействий*.

Адсорбционная флокуляция происходит, как правило, при оптим. соотношении концентраций Ф. и частиц дисперсной фазы. На кинетику и полноту флокуляции, а также структуру и св-ва флокул влияют, с одной стороны, мол. масса, степень ионизации, конформация макромолекул Ф., с другой — знак и плотность поверхностных зарядов, размер и форма коллоидных частиц, хим. состав их пов-сти. Наиб. эффективна флокуляция при степени адсорбционного заполнения пов-сти частиц полимером ок. 0,5. Избыток Ф. может не только ухудшить флокуляцию, но вызвать обратный процесс — дефлокуляцию, или пептизацию.

В коллоидных системах с неоднородной по составу дисперсной фазой различают общую (неизбирательную) и селективную (избирательную) флокуляцию. В первом случае флокулы образуются совокупностью частиц разной природы, во втором — преим. частицами одного из компонентов дисперсной фазы. Селективность объясняется специфичностью взаимод. Ф. с частицами определенного типа. Усилить различие в св-вах пов-сти частиц разного рода и, тем самым, увеличить селективность действия Ф. можно путем введения в систему реагентов-модификаторов, напр. низкомолекул. электролитов или ПАВ. Флокуляция м.б. селективной также в том случае, если максимум флокулирующего действия в отношении частиц разл. типа соответствует разл. равновесным концентрациям Ф. в дисперсионной среде.

Различают неорг. и орг. Ф. Из неорг. Ф. в пром-сти применяют лишь поликремниевую к-ту. Орг. Ф. — разл. синтетич. или прир. гомо- и сополимеры гл. обр. линейного строения с мол. м. $1 \cdot 10^4$ — $1,5 \cdot 10^7$. По способности к электролитич. диссоциации их делят на неионизированные и ионизированные (полиэлектролиты).

Среди синтетич. Ф. широко распространены полимеры и сополимеры акриламида, напр. техн. полиакриламид (ПАА), содержащий 3–8 мол. % карбоксилатных звеньев, образующихся в результате гидролиза амидных групп в процессе синтеза полимера. В пром-сти он обычно используется

как неионизированный Ф. Хим. модифицирование ПАА позволяет получать на его основе Ф. разл. типов и назначения. Практич. значение имеет также высокомолекулярный полиэтиленоксид — неионизированный Ф., часто применяемый в сочетании со стабилизаторами — антиоксидантами; в нек-рых случаях используют поливинилловый спирт.

Из анионных Ф. в пром-сти применяют: частично гидролизированный ПАА, содержащий в макромолекуле 20–40% карбоксилатных звеньев; продукты неполного щелочного (напр., реагенты гипан, К-4, К-6, К-9) или кислотного (напр., «Ока») гидролиза полиакрилонитрила с разл. соотношением нитрильных, амидных и карбоксильных (или карбоксилатных) групп; гомо- и сополимеры акриловой (АК) и метакриловой (МАК) к-т [напр., «Комета» — полиметакриловая к-та, на 50–60% нейтрализованная щелочью, метас (метасол) — сополимер метакриламида и МАК (или Na-соли МАК) при эквимолярном соотношении сомономеров, метакрил М-14 ВВ (лакрис 20) — сополимер метилметакрилата и МАК (или ее смешанной соли) при молярном соотношении 1:4]. К анионным Ф. с карбоксильными (карбоксилатными) группами относятся также сополимеры малеиновой и фумаровой к-т. Практич. интерес представляют Ф. с сильноокислотными группами (напр., сульфогруппами) на основе полистирола (напр., ВК-1), ПАА и др. полимеров.

Катионные Ф. особенно эффективны при обработке дисперсных систем с отрицательно заряженными частицами. Слабоосновные катионные Ф. — поливиниламин, полиэтиленимин, поливинилпиридины и др., содержащие в молекуле первичные, вторичные и третичные атомы азота, сильноосновные — полиэлектролиты с четвертичными аммониевыми или пиридиниевыми группами (получают исчерпывающим алкилированием атомов N слабоосновных Ф. или полимеризацией соответствующих мономерных соединений). В качестве катионных Ф. могут быть использованы полимеры аминокислотных эфиров АК и МАК, винилпиридинов, диаллиламина, диаллилдиметиламмонийхлорида (напр., полиэлектролит ВПК-402), продукты алкилирования полидиметиламиноэтилметакрилата и полидиэтиламиноэтилметакрилата (ВА-102, ВА-112), продукты последоват. хлорметилирования и аминирования полистирола или поливинилтолуола (ВА-2, ВПК-01), модифицированный формальдегидом и вторичным амином (по р-ции Манниха) ПАА, содержащий в макромолекуле до 30 мол. % катионных звеньев (напр., КФ-4 и КФ-6, в к-рых помимо аминогрупп имеются амидные, карбоксильные и метоксильные группы).

Полиамфолитные Ф. — обычно продукты сополимеризации кислотного (АК, МАК, малеиновый ангидрид и др.) и основного (2-винилпиридин, диаллилдиметиламмонийхлорид и др.) мономеров. В ряде технол. процессов, напр. при флокуляции биол. суспензий, полиамфолитные Ф. имеют преимущества перед Ф. анионного и катионного типов.

Природные Ф. выделяют непосредственно из растений (напр., крахмат, полиальгинаты) или получают в результате хим. переработки растит. (эферы целлюлозы, модифицир. крахмалы, лигносульфонные и гуминовые к-ты) или животного (напр., хитозан из отходов переработки крабов, креветок, криля) сырья. К этой группе относятся также биофлокулянты, изготавливаемые методами биотехнологии в виде биомассы клеток микроорганизмов или продуктов их метаболизма; хим. основа таких Ф. — гликопротеины, гетерополисахариды и др.

Используют Ф. для очистки воды бытового и пром. назначения, обезвреживания сточных вод и жидких производств. отходов, при добыче и флотационном обогащении полезных ископаемых, концентрировании latexов (путем сливкоотделения), выделении микроорганизмов из культуральной жидкости, микробиол. произ-ве кормовых белков, инсектицидов, лек. препаратов, пищ. добавок и др. В зависимости от кол-ва и дисперсности флокулируемой фазы, целей и условий флокуляции, типа применяемого реагента рабочие концентрации Ф. изменяются в широких пределах. Напр., при подготовке воды для пром. и бытовых нужд Ф. используют в концентрациях 0,1–50 мг/дм³, а при очистке бурового раствора от

шлама — 0,1–1,5 г/дм³. Во мн. случаях для повышения эффективности действия Ф. их применяют в сочетании с неорг. коагулянтами.

Лит.: Нетреба В.П., Флоккуляция минеральных суспензий, М., 1983; Вейсгер Ю.И., Минц Д.М., Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод, 2 изд., М., 1984; Запольский А.К., Баран А.А., Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды, Л., 1987; Баран А.А., Тесленко А.Я., Флокулянты в биотехнологии, Л., 1990.

Л.А. Шич.

ФЛОКУЛЯЦИЯ, см. Коагуляция, Флокулянты.

ФЛОРИОН (7-ацетил-1,1-диметил-Δ⁴-окталин), мол. м. 206,32; бесцв. или желтоватая маслянистая жидкость с запахом, напоминающим запах фиалки; т. кип. 116–120 °С/2 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,9760; n_D^{20} 1,5000–1,5011; не раств. в воде, раств. в этаноле. Получают диеновым синтезом из мирцена и метилвинилкетона с послед. циклизацией образующегося аддукта. Применяют при

составлении парфюм. композиций. Л.А. Хейфиц.

ФЛОРИ-Θ-ТЕМПЕРАТУРА, см. Растворы полимеров.

ФЛОРОГЛЮЦИН, см. Триоксисбензолы.

ФЛОТАЦИЯ (франц. flottation, англ. flotation, букв. — плавание на пов-сти воды), разделение мелких твердых частиц (гл. обр. минералов) и выделение капель дисперсной фазы из эмульсий. Основана на разл. смачиваемости частиц (капель) жидкостью (преим. водой) и на их избират. прилипании к пов-сти раздела, как правило, жидкость — газ (очень редко твердые частицы — жидкость). Осуществляют Ф. гл. обр. с использованием спец. в-в — флотац. реагентов (флотореагентов).

Области применения

Ф. — один из гл. методов обогащения полезных ископаемых. С ее помощью обогащаются: все медные, молибденовые и свинцово-цинковые руды, значит. часть бериллиевых, висло-вых, железных, золотых, литиевых, марганцевых, мышьяковых, оловянных, ртутных, серебряных, сурьмяных, титановых и др. руд; неметаллич. ископаемые — апатит и фосфориты, барит, графит, известняк (для произ-ва цемента), магнезит, песок (для произ-ва стекла), плавленый и полевой шпаты и т. д.

Посредством Ф. можно разделять также водорастворимые соли, взвешенные в их насыщенных р-рах [напр., отделять сильвин (KCl) от галита (NaCl)]. Благодаря Ф. в пром. произ-во вовлекаются м-ния тонковкрапленных руд и обес-печивается комплексное использование полезных ископаемых. Ф. применяют также для очистки воды от орг. в-в (нефти, масел и др.), тонкодисперсных осадков солей и шламов, для выделения и разделения бактерий и т. д.

Помимо горноперерабатывающих отраслей пром-сти Ф. используют в хим., пищ. и др. отраслях для ускорения отстаивания, выделения твердых взвесей и эмульгир. орг. в-в; для разделения синтетич. орг. ионитов и выделения из пульп ионитов, нагруженных разл. адсорбатами; при переработке бумажных отходов для отделения чистых целлюлозных волокон от испачканных; для очистки натурального каучука от примесей; для извлечения нафталина из воды, охлаждающей коксовых газ; очистки пром. стоков и др.

Разновидности процесса

Широкое применение Ф. привело к появлению большого числа разновидностей процесса.

Пенная флотация — наиб. распространенный способ Ф., к-рым в мире ежегодно обогащают 1 млрд. т горной массы — более 20 типов руд. Первый патент на этот способ был выдан братьям Адольфу и Артуру Бесселям (Германия, 1877). Согласно патенту, частицы графита, закрепившиеся на газовых пузырьках, образующихся при кипячении суспензии (пульпы), всплывали на пов-сть жидкости и выводились из зоны разделения. В дальнейшем для увеличения числа и суммарной пов-сти пузырьков такой способ их образования заменили

принудит. подачей газа (обычно воздуха) в аппарат для разделения — флотац. машину.

Физ.-хим. основы. Применительно к пенному режиму Ф. осуществляется в трехфазной среде «твердые частицы — жидкость — газ», наз. пульпой. Твердая фаза представлена частицами минералов, получаемых при дроблении и помоле руды с целью выделения полезных компонентов из сростков с минералами пустой породы; тяжелые минералы измельчают до крупности 0,1–0,2 мм, легкие (уголь, сера, фосфаты и др.) — до 0,2–3 мм. Жидкая фаза содержит воду, продукты выщелачивания минералов, флотореагенты, растворенные газы, продукты износа оборудования, коллоидные частицы и т. д. Газовая фаза состоит из пузырьков (размеры от десятков мкм до 1–2 мм), образующихся при прохождении воздуха через диспергирующее устройство (аэратор). Положит. роль во Ф. могут играть газовые пузырьки, выделяющиеся из р-ра.

Сущность элементарного акта Ф. заключается в следующем. При сближении в водной среде пузырька газа и гидрофобной пов-сти минеральной частицы (см. *Липофильность и липофобность*), адгезия к-рой к воде меньше когезии воды, разделяющая их водная прослойка при достижении нек-рой критич. толщины становится неустойчивой и самопроизвольно прорывается. Этот этап завершается полным смачиванием частицы, обеспечивающим прочное слипание пузырька и частицы. Вследствие того, что плотность комплексов, или агрегатов «пузырьки — частицы», меньше плотности пульпы, они всплывают (флотируют) на ее пов-сть и образуют пенный минерализованный слой, к-рый удаляется из флотац. машины.

Известно неск. модификаций пенной Ф.: вакуумная, флотогравитация, ионная, электрофлотация, Ф. с выделением CO₂, пенная сепарация.

Вакуумная флотация. По этому способу, предложенному Ф. Элмором (Великобритания, 1906), жидкость, содержащая твердые частицы, насыщается газом, к-рый при понижении давления выделяется из нее в виде мелких пузырьков на пов-сти гидрофобных частиц.

Флотогравитация — комбинир. процесс обогащения полезных ископаемых, совмещающий Ф. и разделение мелких твердых частиц под действием силы тяжести или в поле центробежных сил. Процесс проводят в спец. аппаратах (концентрационные столы, винтовые сепараторы, ленточные шлюзы, концентраторы, осадочные машины). В них благодаря обработке пульпы флотореагентами и введению в нее пузырьков воздуха образуются т. наз. аэрофлокулы определенных минералов, имеющие меньшую плотность, чем частицы, не взаимодействующие с воздушными пузырьками. Создаваемое при этом различие в плотности способствует более эффективному разделению частиц минералов, в т. ч. меньшей крупности, чем при обычном гравитац. обогащении. В пром-сти флотогравитацию используют для выделения сульфидных минералов из вольфрамовых и оловянных концентратов, а также для отделения циркона от пироклора, шеллита от касситерита и др.

Ионная флотация разработана в 50-х гг. 20 в. (Ф. Себба, ЮАР) для очистки воды, а также извлечения полезных компонентов из разб. р-ров. Отдельные ионы, молекулы, тонкодисперсные осадки и коллоидные частицы взаимодей. с флотореагентами-собираателями, обычно катионного типа, и извлекаются пузырьками газа в пену либо пленку на пов-сти р-ра. Способ перспективен для переработки пром. стоков, минерализов. подземных термальных и шахтных вод и морской воды.

Электрофлотация. Для ее проведения используют пов-сть пузырьков водорода и кислорода, выделяющихся при электролитич. разложении воды.

Предложен также способ Ф., согласно к-рому в пульпу вводят пузырьки CO₂, образующегося в результате хим. р-ции.

Другие способы флотации. Среди всех способов первой была предложена (1860) масляная Ф. (В. Хайнс, Великобритания). Для ее осуществления измельченную руду перемешивают с минеральным маслом и водой; при этом сульфидные минералы селективно смачиваются маслом, всплывают вместе

с ним и удаляются с пов-сти воды, а пустые породы (кварц, полевой шпат и др.) осаждаются. В России масляная Ф. была применена для обогащения графитовой руды (Мариуполь, 1904). В дальнейшем этот способ усовершенствовали: масло диспергировали до эмульсионного состояния, что позволило извлекать тонкие шламы, напр. марганцевых руд.

Способность гидрофобных минеральных частиц удерживаться на пов-сти воды, в то время как гидрофильные частицы в ней тонут, была использована А. Нибелиусом (США, 1892) и А. Мак-Куистеном (Великобритания, 1904) для разработки пленочной Ф. В этом процессе из тонкого слоя измельченной руды, находящегося на пов-сти потока воды, выпадают гидрофильные частицы.

В настоящее время масляная, пленочная и нек-рые др. способы Ф. практически не применяются.

Флотационные реагенты

Флотореагенты – хим. в-ва (чаще всего применяют ПАВ), к-рые добавляют при Ф. в пульпу для создания условий селективного (избирательного) разделения минералов. Флотореагенты позволяют регулировать взаимод. минеральных частиц и газовых пузырьков, хим. р-ции и физ.-хим. процессы в жидкой фазе, на границах раздела фаз и в пенном слое путем гидрофобизации пов-сти одних и гидратации пов-сти др. твердых частиц. По назначению различают три группы флотореагентов: собиратели, пенообразователи и модификаторы. По хим. составу флотореагенты бывают органическими (преим. собиратели и пенообразователи) и неорганическими (в осн. модификаторы); те и другие м. б. неионогенными, мало или практически нерастворимыми в воде, и ионогенными, хорошо растворимыми в ней в-вами.

Собиратели (коллекторы). Роль этих реагентов заключается в селективной гидрофобизации (понижении смачиваемости) пов-сти нек-рых минеральных частиц и возникновении тем самым условий для прилипания к ним газовых пузырьков. Гидрофобизация достигается вытеснением гидратной пленки с пов-сти частиц. Закрепление на ней м. б. обусловлено ван-дер-ваальсовыми силами (физ. адсорбция) либо образованием хим. связи (хемосорбция). По структурным признакам собиратели подразделяют на анионные, катионные, амфотерные и неионогенные. Молекулы анионных и катионных реагентов содержат неполярные (углеводородные) и полярные (амино-, карбокси- или др.) группы. Последние обращены к минералу, сорбируются на пов-сти частиц и гидрофобизируют ее, а неполярные группы обращены в воду, отталкивают ее молекулы и предотвращают гидратацию пов-сти частиц.

К анионным собирателям относятся соед., к-рые содержат сульфгидрильную (меркапто-) или гидроксильную группы, а также их производные – т. наз. сульфгидрильные и оксидрильные реагенты. Сульфгидрильные реагенты предназначены для Ф. минералов сульфидных руд Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Co, Ni, Fe и включают ксантогенаты (изопропил-, пентил- и этилпроизводные), дитиофосфаты (дизрезил- и диэтилпроизводные), меркаптаны и их производные (диалкилтионокарбаты). Оксидрильные реагенты применяют для Ф. карбонатов, оксидов, сульфатов, фосфатов, фторидов и нек-рых др. минералов; к этим реагентам относятся алифатич. (карбоновые) к-ты, моноалкилсульфаты, сульфосукцинаты, алкан- и алкиларилсульфонаты, алкилидроксамовые и алкиларилфосфоновые к-ты и их соли, алкиларилловые эфиры фосфорных к-т и их соли, сульфированные алкилмоноголициды.

Катионные собиратели, среди к-рых наиб. распространены алифатич. первичные амины, а также вторичные амины (в керосине), соли четвертичных аммониевых оснований и аммонофиры с короткой разветвленной цепью, используют для Ф. калийных солей (гл. обр. KCl при отделении его от NaCl), кварца, силикатов, сульфидов и т. д.

Амфотерные собиратели имеют в своем составе amino- и карбоксильную группы, благодаря чему сохраняют активность как в кислой, так и в щелочной средах. Данные

коллекторы особенно эффективны для Ф. минералов класса оксидов в воде повышенной жесткости.

Неионогенные собиратели представлены неполярными соед. – углеводородными жидкостями преим. нефтяного происхождения (газоили, дизельные масла, керосин и т. д.), а также жирами и др. В виде водных эмульсий они служат для Ф. алмазов, графита, калийных солей, молибденита, самородной S, талька, углей, фосфатов и др. минералов с неполярной пов-стью. Совместное применение полярных коллекторов с неполярными, а также диспергирование, напр. с помощью ультразвука, эмульсий последних (что усиливает адгезионное закрепление их на пов-сти минералов за счет физ. адсорбции) существенно улучшает Ф. крупных частиц; при этом наряду с адгезией Ф. сопровождается также и хим. р-циями.

Пенообразователи (вспениватели), адсорбируясь на пов-сти раздела газ – жидкость, понижают поверхностное натяжение, способствуют образованию устойчивой гидратной оболочки пузырьков воздуха, уменьшают их крупность и препятствуют коалесценции, умеренно стабилизируют минерализов. пену. В качестве вспенивателей используют одноатомные алифатич. спирты (напр., метилизобутилкарбинол), гомологи фенола (крезолы и скипенолы), техн. продукты (пихтовое и сосновое масла), содержащие терпеновые спирты; монометилловые и монобутиловые эфиры полипропиленгликолей, полиалкоксиланов (напр., 1,1,1,3-тетраэтоксипутан) и др. Пенообразующими св-вами обладают нек-рые собиратели (амины, карбоновые к-ты).

Модификаторы (регуляторы) позволяют сделать возможной, усилить, ослабить или исключить адсорбцию собирателей на минералах. Благодаря регуляторам уменьшается расход собирателей, достигаются разделение минералов с близкой плотностью, обогащение руд сложного состава с получением неск. концентратов. Модификаторы, улучшающие закрепление собирателей на пов-сти определенных минералов и ускоряющие Ф., наз. активаторами; регуляторы, затрудняющие закрепление коллекторов, – подавителями, или депрессорами.

Для минералов класса оксидов потенциалопределяющими являются ионы H^+ и OH^- ; их концентрации изменяются путем подачи к-т, щелочей и соды. Для сульфидов потенциалопределяющими служат катионы металлов и анионы HS^- и S^{2-} . Поэтому распространенным активатором при Ф. сульфидов сульфгидрильными собирателями является, напр., Na_2S . Жидкое стекло применяют как депрессор Ф. силикатных материалов; известь и цианиды подавляют Ф. пирита, сульфидов Cu и Zn и т. д. Для снижения отрицательного воздействия на Ф. частиц микронных размеров (тонких шламов) используют разбавляющие их реагенты-пенгизаторы (диспергаторы); к ним относятся неорг. (напр., жидкое стекло) и орг. (декстрин, карбоксиметицеллюлоза, крахмал, лигносульфонаты и др.) соединения. Кроме упомянутых имеются также регуляторы pH среды.

В большинстве случаев флотореагенты обладают комплексным действием (к-рое зависит от прир. состава пов-сти минералов, pH среды, т-ры пульпы и т. д.) и приведенная их классификация весьма условна.

Избирательность Ф. регулируют наряду с иными факторами подбором реагентов, ассортимент к-рых достигает неск. сотен, и их расходом. При увеличении пов-сти флотируемых минералов расход собирателей и активаторов возрастает. Расход пенообразователей немного увеличивается при повышенном содержании обрабатываемого минерала и грубом помоле руды. Расход депрессоров возрастает при повышенной флотируемости подавляемых минералов, высоких концентрациях собирателей в пульпе (напр., при разделении коллективных концентратов), а также при использовании малоизбирательных коллекторов, содержащих в молекулах длинноцепочечные углеводородные радикалы (напр., высшие жирные к-ты и мыла).

Флотируемые компоненты руды извлекаются не полностью при недостатке вспенивателей, а при их избытке ухудшается селективность Ф. Средние расходы флотореагентов невелики и обычно составляют от неск. г до неск. кг на 1 т руды.

Флотационные процессы и оборудование

Обогащение руд методом Ф. производят на флотационных фабриках, осн. оборудование к-рых включает флотац. машины, контактные чаны и реагентные питатели.

Флотационные машины предназначены для проведения собственно Ф. В них осуществляют перемешивание твердых частиц (сuspендирование пульпы) и поддержание их во взвешенном состоянии; аэрацию пульпы и диспергирование в ней воздуха; селективную минерализацию пузырьков путем контакта с обработанными флотореагентами частицами; создание зоны пенного слоя; разделение пульпы и минерализов. пены; удаление и транспортировку продуктов обогащения. Первые патент на флотац. машину выдан в 1860; первые пром. образцы машин разработаны в 1910–14 (Т. Гувер и Д. Кэлоу, США).

Широкое использование Ф. для обогащения полезных ископаемых привело к созданию разных конструкций машин. Каждая машина состоит из ряда последовательно расположенных камер с приемными и разгрузочными устройствами для пульпы; каждая камера снабжена аэрирующим и пено-съемным устройствами. Различают одно- и многокамерные флотац. машины. К однокамерным относятся флотационные колонны, в к-рых высота камер превышает их ширину более чем в 3 раза; эти аппараты применяют при флотац. обогащении мономинеральных руд и флотац. отделения шламов.

Многокамерные машины позволяют реализовать сложные схемы обогащения полиминеральных руд с получением неск. концентратов.

По способам аэрации пульпы выделяют мех., пневмомех., пневмогидравлич. и пневматич. машины. В механических машинах взвешивание частиц руды (перемешивание пульпы), засасывание и диспергирование воздуха осуществляется аэратором, или импеллером. В отличие от этих устройств в пневмомеханических машинах (схему камеры см. на рис.) воздух подается в зону импеллера принудительно с

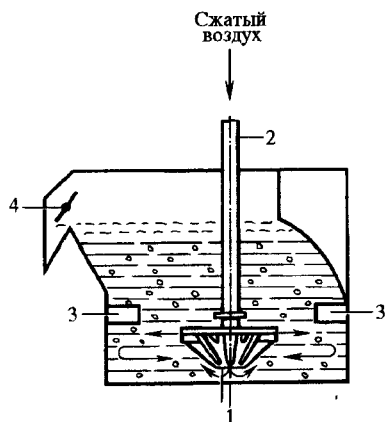


Схема камеры пневмомеханической флотационной машины: 1 – импеллер; 2 – полый вал; 3 – успокоители; 4 – пеносъемник.

помощью воздуходувки. В пневмогидравлических машинах воздух диспергируется в аэраторах спец. конструкций (напр., в эжекторах) при взаимод. струй жидкости и воздуха. В пневматических машинах воздух диспергируется при продавливании через пористые перегородки.

Работа мех. и пневмомех. машин в значит. степени определяется конструкцией импеллера, вариантом подвода к нему воздуха, особенностями перекачивания импеллером пульпы и ее циркуляции в камере. От способа перекачивания пульпы импеллером зависят особенности аэрации пульпы и гидродинамич. режим в камере. Последний определяется также размерами зоны интенсивной циркуляции пульпы. По этому признаку различают машины с придонной циркуляцией и циркуляцией во всем объеме камеры.

Характер движения потоков пульповоздушной смеси в камере зависит от конструкций статора машины (имеет вид цилиндров или пластин), устройства для удаления минерализов. пены с поверхности пульпы (обычно применяют лопастной пеносъемник), успокоителей (предотвращают разрушение пенного слоя), межкамерных перегородок, наличия отбойников и формы камеры (имеет, как правило, скошенные снизу боковые стенки, благодаря чему исключается накопление в углах твердых частиц и облегчается их перемещение у дна от стенок к импеллеру).

Оптим. степень разделения минералов при изменении характеристик сырья достигается путем изменения кол-ва подаваемого в камеру воздуха, толщины пенного слоя и уровня пульпы, а также производительности импеллера. Средние показатели совр. мех. и пневмомех. машин: производительность по потоку пульпы 0,2–130 м³/мин; объем камер от 12–40 м³ (в России) до 30–100 м³ (за рубежом). Применение большеобъемных камер позволяет на 20–30% сократить капитальные затраты, металлоемкость машин, а также их энергоемкость (достигает 1,5–3,0 кВт/м³).

По сравнению с мех. и пневмомех. машинами пневмогидравлич. флотац. машины отличаются большей скоростью, меньшими капитальными затратами, высокой производительностью, низкими металло- и энергоемкостью и т.д. Однако из-за отсутствия надежного в работе и долговечного аэрирующего устройства эти флотац. машины еще недостаточно широко применяют в практике обогащения полезных ископаемых.

Известны также мало распространенные пока машины: вакуумные и компрессионные (аэрация достигается выделением из пульпы растворенных газов); центробежные и со струйным аэрированием; электрофлотационные (аэрация пульпы пузырьками, выделяющимися при электролизе).

Другая аппаратура. Для обработки пульпы флотореагентами предназначены контактные чаны (кондиционеры), в к-рые сначала подаются, как правило, модификаторы, затем собиратели и далее пенообразователи. Время контактирования пульпы с реагентами составляет от неск. секунд до десятков мин. Реагентный режим Ф. определяется ассортиментом флотореагентов и порядком их ввода во флотац. процесс. Поддача интродуентов в систему в заданных кол-вах обеспечивается реагентными питателями, или дозаторами реагентов.

Основные процессы и вспомогательные операции

Работа предприятий. Флотац. процессы подразделяют на прямые и обратные. При прямой Ф. в пенный продукт, наз. концентратом, извлекают полезный минерал, в камерный продукт, наз. отходами или хвостами, – частицы пустой породы. Последние извлекают в пенный продукт при обратной Ф.

Различают также основную, пересортичную и контрольную флотац. операции. Основная Ф. дает т. наз. черновой концентрат, из к-рого в результате пересортичной Ф. получают готовый концентрат. Камерный продукт основной Ф. (нефлотированные частицы) подвергают одной или неск. операциям контрольной Ф. с получением отвального продукта (отходов).

Камеры флотац. машин соединяют в такой последовательности, к-рая позволяет осуществлять упомянутые операции, циркуляцию промежуточных продуктов и получать концентраты требуемого качества при заданном извлечении полезного компонента. Показатели Ф. особенно для сульфидных руд цветных металлов достигают высокого уровня. Так, из медной руды, содержащей 1,5–1,7% Cu, получают медный концентрат (35% Cu) с извлечением 93% Cu. Из медно-молибденовой руды, содержащей ок. 0,7% Cu и 0,05–0,06 Мо, производят медный концентрат (25% Cu) с извлечением 80% Cu и молибденовый концентрат (св. 50% Мо) с извлечением св. 70% Мо. Из свинцово-цинковой руды, содержащей ок. 1% Pb и 3% Zn, получают свинцовый концентрат с содержанием

св. 70% Pb (извлечение св. 90%) и цинковый концентрат с содержанием 59% Zn (извлечение св. 90%) и т.д.

Важное значение для достаточного полного разделения минералов наряду с ионным составом жидкой фазы пульпы, составом растворенных в ней газов (особенно сильно влияние кислорода воздуха), ее т-рой и плотностью, схемой и реагентным режимом Ф. имеет степень измельчения сырья. Лучше всего обогащаются частицы крупностью 0,15–0,04 мм. Для разделения частиц мельче 40 мкм наиб. пригодны флотац. колонны, в к-рых исходная пульпа после смешения с флотореагентами поступает в среднюю или верх. часть (ниже уровня пенного слоя), где встречается с восходящим потоком пузырьков воздуха, выводимого в ниж. часть.

Благодаря противотоку пульпы и воздуха, а также большей, чем в других флотац. машинах, вторичной минерализации пенного слоя достигается высокая селективность процесса. Для Ф. частиц крупнее 0,15 мм в России разработаны машины пенной сепарации, в к-рых пульпу подают на слой пены, удерживающей только гидрофобизированные частицы, а также машины кипящего слоя с восходящими потоками аэрированной жидкости.

Во флотац. машинах весьма часто наблюдается побочный процесс, заключающийся в осаждении на стенках камеры гидрофобных частиц. На этом процессе, наз. Ф. твердой стенок, основано разделение тонких шламов (10 мкм и менее) с применением носителя – гидрофобных частиц флотац. крупности, избирательно взаимодействующих с извлекаемыми шламами; образующиеся агрегаты подвергают обычной пенной Ф.

В технологии Ф. большое внимание уделяется качеству воды, к-рое характеризуется пределами содержания взвешенных частиц, катионов и анионов, рН, жесткостью и т.д. Для достижения требуемого качества воду подвергают спец. подготовке, включающей удаление с помощью коагулянтов и флокулянтов взвешенных частиц, электрохим. обработку, корректировку ионного состава воды подачей извести, к-т, щелочей и др. (см. также *Водоподготовка*).

Совершенство Ф., кроме качества получаемых концентратов, уровня извлечения полезных компонентов, расходов флотореагентов и т.п., определяется также степенью использования оборотной воды. Напр., на флотац. фабриках США, обогащающих фосфатные руды, при расходе воды 11,2–84,2 м³ на 1 т руды доля водооборота составляет 66–95%; на фосфатных фабриках бывшего СССР расходуется 13,8–35,7 м³ воды на 1 т руды при водообороте 80–100%.

Целевые продукты Ф. направляют для обезвоживания в непрерывно действующие отстойники-стустители, гидросепараторы и гидроциклоны (40–60% влаги в сгущенном продукте), фильтры (10–15%) и сушилки (1–3% влаги). Для ускорения сгущения и отстаивания пульпы обрабатывают реагентами-флокулянтами (полиакриламидами, полисахаридами и др.) и магн. методами.

Ф. на обогат. фабриках осуществляется как механизир., автоматизир. непрерывный процесс – от поступления руды до выпуска концентратов и хвостов. Регулирование крупности частиц при измельчении, подачи флотореагентов по их остаточной концентрации в пульпе, непрерывный анализ ее плотности, т-ры и рН лежат в основе автоматизир. управления работой флотац. фабрик. Важное место на них занимают внутр. транспорт сырья и готовой продукции, водо- и энергоснабжение, охрана труда и окружающей среды и др. Мощность наиб. крупных совр. фабрик по горной массе достигает 50–55 тыс. т в сут. Одна из первых в мире флотац. фабрик была пущена в России (1904).

Осн. направления совершенствования процесса

1. Разработка бессточных систем, основанных на использовании селективных флотореагентов, обеспечивающих разделение минералов в воде с повышенной жесткостью.

2. Более широкое применение методов электрохим. активации Ф. путем направленного изменения флотац. св-в минералов, регулирования окислит.-восстановит. потенциала и ионного состава жидкой фазы пульпы.

3. Использование флотац.-хим. технологий переработки бедных и труднообогатимых руд с целью комплексного применения сырья и охраны окружающей среды.

4. Дальнейшее совершенствование конструкций флотац. машин с камерами большой емкости, обеспечивающих снижение капитальных и энергетич. затрат, путем улучшения аэрац. характеристик машин, использования износостойких материалов, автоматизир. основных узлов.

Кроме того, совершенствование Ф. идет по пути синтеза новых флотореагентов, замены воздуха др. газами (азот, кислород), а также внедрения систем управления параметрами жидкой фазы флотац. пульпы.

Лит.: Краткая химическая энциклопедия, т. 5, М., 1967, с. 455–59; Теория и технология флотации руд, М., 1980; Рубинштейн Ю.Б., Филиппов Ю.А., Кинетика флотации, М., 1980; Глембоцкий В.А., Класен В.И., Флотационные методы обогащения, 2 изд., М., 1981; Справочник по обогащению руд. Основные процессы, 2 изд., М., 1983; Абрамов А.А., Флотационные методы обогащения, М., 1984; Дерягин Б.В., Духин С.С., Рулев Н.Н., Микрофлотация, М., 1986; Методы исследования флотационного процесса, М., 1990; Мешеряков Н.Ф., Кондиционирующие и флотационные аппараты и машины, М., 1990; Горная энциклопедия, т. 4, М., 1989, с. 576–77, т. 5, М., 1991, с. 319–23.

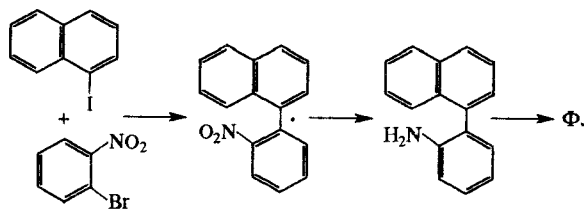
Ю. В. Рабо.

ФЛУОРАНТЕН, мол. м. 202,26; бесцв. кристаллы, т. пл. 110,4–111,4 °C, т. кип. 382–383 °C, 217 °C/30 мм рт. ст.; $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 329 кДж/кг; $\Delta H_{\text{гор}}^0$ –39130 кДж/кг (25 °C). Не раств. в воде, легко раств. в диэтиловом эфире, горячем этаноле.

Восстановление Ф. Na в спирте приводит к 1,2,3,10b-тетрагидрофлуорантену, гидрирование в присут. Ni – к пергидрофлуорантену. Ф. окисляется хромовой к-той сначала до флуорантен-2, 3-хинона, а затем до 9-флуоренон-1-карбоновой к-ты. При электроф. замещении активны положения 3 и 8. При фотохим. бромировании в CS₂ образуются 3- и 8-бромпроизводные, в CH₃COOH – 3,8,9-трибромфлуорантен, при нитровании HNO₃ в CH₃COOH – смесь 3- и 8-нитропроизводных. Сульфирование конц. H₂SO₄ приводит к флуорантен-3,9-дисульфокислоте, к-рая при сплавлении с КОН превращается в 3,9-дигидроксифлуорантен. Ф. вступает в р-ции Фриделя – Крафта: взаимод. с CH₃COCl дает смесь 3- и 8-ацетилфлуорантенов с 3,9-диацетилпроизводным, взаимод. с бензоилхлоридом – 8-бензоилфлуорантен с примесью 4-бензоилфлуорантена, с фталевым ангидридом в CS₂ в присут. AlCl₃ образуется смесь 2-(3-флуорантеноил)- и 2-(8-флуорантеноил)бензойных к-т.

Ф. в кол-ве 2–3,5% содержится во фракции «антраценовое масло» кам.-уг. смолы.

В пром.-сти Ф. получают перегонкой кам.-уг. смолы; очищают перекристаллизацией. Препаративно синтезируют по схеме:



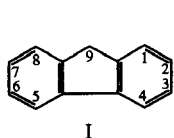
Применяют Ф. для получения флуоресцентных красителей; тетрагидропроизводные Ф. – исходные продукты в синтезе нек-рых лек. ср-в.

Лит.: Клар Э., Полициклические углеводороды, пер. с англ., т. 2, М., 1971, с. 292–301; Соколов В.З., Харламович Г.Д., Производство и использование ароматических углеводородов, М., 1980; Ullmann's Enzyklopädie, 4 Aufl., Bd 14, Weinheim, 1977, S. 685.

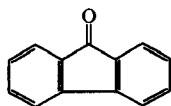
Н. Н. Артамонова.

ФЛУОРЕН (o,o'-дифенилметан), ф-ла I, мол. м. 166,2; бесцв. кристаллы, флуоресцирующие в УФ свете; т. пл. 116–117 °C, т. кип. 293–295 °C; d_4^{20} 1,181; $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 121 кДж/кг; $\Delta H_{\text{гор}}^0$ –39940 кДж/кг; μ 1,9347 · 10⁻³⁰ Кл · м; pK_a 22,9. Хорошо раств. в диэтиловом эфире, плохо – в этаноле, не раств. в воде.

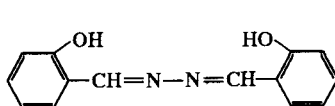
Ф. окисляется кислородом воздуха до 9-гидропероксифлуорена, K₂Cr₂O₇ в CH₃COOH – до флуоренона (II, т. пл. 84 °C,



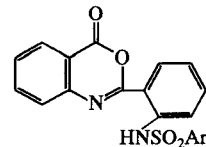
I



II



III



IV

т. кип. 342 °С), HI и красным Р восстанавливается до пергидрофлуорена. Легко образует карбанион по атому С-9; при конденсации с ароматич. альдегидами дает 9-арилиденфлуорены, при нагр. с Na или NaNH₂ – 9-натрийпроизводное, с акрилонитрилом и бензилхлоридом в присут. катализатора – соответствующие 9,9-дизамещенные. Электроф. замещение происходит предпочтительно по положению 2: галогенирование SO₂Cl₂ или Cl₂ в CH₂Cl на холоде приводит к 2-хлорфлуорену, дальнейшее хлорирование – к 2,7-дихлор- и 2,4,7-трихлорфлуоренам, нитрование – к 2-нитропроизводному, сульфирование – к 2-сульфо- и 2,7-дисульфопроизводным. С динитробензолом, тринитротолуолом, пикриновой к-той Ф. образует мол. соед. (т. пл. пикрата 80–82 °С).

Ф. содержится в кам.-уг. смоле (1,3–2%); выделяется из ее антраценовой фракции (210–308 °С) кристаллизацией с послед. перекристаллизацией из бензина. Препаративные способы получения – пиролиз ацетилен, пропускание паров дифенилметана через раскаленную трубку.

Ф. – исходный продукт для получения красителей, стабилизатор полимеров. Монокристаллы Ф. применяют для изготовления сцинтилляц. счетчиков.

Лит.: Клар Э., Полициклические углеводороды, пер. с англ., т. 2, М., 1971, с. 46–52; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 14, Weinheim, 1977, S. 685.

Н. Н. Артамонова.

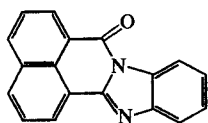
ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ КРАСИТЕЛИ (флуоресцирующие красители), обладают способностью флуоресцировать, т. е. превращать поглощенный свет в более длинноволновое видимое излучение.

По хим. строению Ф. к. – ароматич. и гетероциклич. соед. с электронодонорными и(или) электроакцепторными заместителями. Наиб. интенсивная флуоресценция наблюдается тогда, когда 5- и 6-членные гетероциклы включены в развитую систему сопряженных связей. Существенную роль играет жесткость молекулы, исключающая возможность безызлучат. траты энергии возбуждения на колебания и вращение отдельных фрагментов системы. Электронодонорные заместители в большинстве случаев повышают, а электроакцепторные (особенно NO₂) – понижают интенсивность свечения.

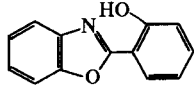
Ф. к. могут применяться либо в разбавленных р-рах (при этом увеличение концентрации Ф. к. снижает интенсивность флуоресценции, т. наз. эффект концентрационного тушения), либо в кристаллич. состоянии.

К Ф. к. относятся широко применяемые в быту и технике отбеливатели оптические, а также соед. ряда флуоресцеина и родамина (см. Ксантеновые красители). Последние используются в виде твердых р-ров в легко дробящихся смолах (напр., глицталевых или меламино-формальдегидо-толуолсульфамидных) при изготовлении т. наз. дневных флуоресцентных пигментов. Эти пигменты придают краскам повышенную яркость (в 1,5–2 раза выше, чем у обычных красок) благодаря тому, что к отраженной части видимого спектра прибавляется флуоресценция.

В качестве Ф. к. применяют: 3-метоксифенилатрон и соед. ф-лы I – для окрашивания полимеров в массу; 2-(2-гидрокси-фенил)бензоксазол (II) и салицилальдазин (III) – для мечения биол. объектов и для флуоресцентного анализа неорг. ионов; производные 5-арилиденбарбитуровой к-ты, а также произ-



I



II

водные хинолина и бензоксазина (напр., IV) – для автоматизир. считывания нанесенной информации, сортировки почтовой корреспонденции, защиты ценных бумаг от подделок.

Лит.: Красовицкий Б. М., Болотин Б. М., Органические люминофоры, 2 изд., М., 1984.

Б. М. Болотин.

ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ ОТБЕЛИВАТЕЛИ, см. Отбеливатели оптические.

ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ, см. Люминесцентный анализ.

ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ, см. Люминесценция.

ФЛУОРЕСЦИРУЮЩИЕ КРАСИТЕЛИ, то же, что флуоресцентные красители.

ФЛОУОРИТ (плавиковый шпат), минерал CaF₂. Иногда содержит примеси Y (от 15 до 40%; иттриофлуорит), PЗЭ, Mn, Sr (до десятых долей %). Плотность 3180–3200 кг/м³. Твердость по минералогич. шкале 4. Кристаллич. структура ионного типа; катионы Ca²⁺ образуют плотнейшую кубич. упаковку, все тетраэдрич. пустоты к-рой заняты ионами F[–] (см. Кальция фторид, Кристаллическая структура). Встречается в виде кубич. или октаэдрич. кристаллов, зернистых или сплошных агрегатов. Окраска разнообразная: от фиолетовой до черной, желтая, голубая, зеленая, пурпурная и др.; бывает и бесцветным; часто полихромный. Ярко флуоресцирует в УФ лучах (цвет зависит от примесей PЗЭ). Наблюдается также термолюминесценция. Ф. – распространенный минерал, встречается пл. обр. в гидротермально-метасоматич. месторождениях, залегающих среди карбонатных пород (чаще всего известняков), иногда в осадочных породах.

Ф. – исходное сырье для получения фтористоводородной к-ты HF и криолита Na₃AlF₆, используемого в алюминиевой пром-сти; флюс в черной и цветной металлургии; компонент стекол, эмалей, глазурей. Бесцветные прозрачные бездефектные кристаллы применяются для изготовления разл. оптич. приборов. Выращивают синтетич. кристаллы Ф., к-рые используют как оптич. и лазерный материал.

Л. Г. Фельдман.

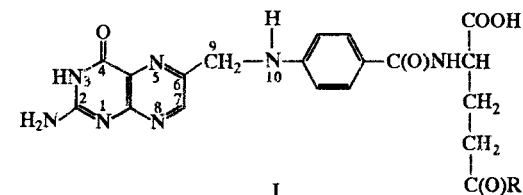
ФОЛАЦИН (витамин В₉, витамин В₁₂, фолат), группа соед., включающая фолиевую к-ту (ф-ла I а) и ее производные.

Фолиевая к-та (N-птероил-L-глутаминовая к-та) – мол. м. 441,41; бледно-желтые кристаллы, разлагается при t-ре 250 °С; [α]_D²⁰ 19,9 (концентрация 1% в 0,1 н. NaOH); очень плохо раств. в воде (0,001% при 2 °С и 0,05% при 100 °С), этаноле, легко – в разб. р-рах щелочей, раств. в разб. к-тах, не раств. в ацетоне, диэтиловом эфире, хлороформе и углеводородах; λ_{макс} в 0,1 н. NaOH (рН 13) 256, 282 и 365 нм (ε соотв. 30 000, 26 000 и 9 800). Фолиевая к-та стабильна в слабых и нейтральных водных р-рах; в водных р-рах на свету и в щелочных р-рах в присут. O₂ быстро разлагается на n-аминобензоилптераминовую к-ту и 6-формилптерин, окисляющийся в 6-птеринкарбоновую к-ту. В отсутствие O₂ в щелочных р-рах устойчива. При нагр. с минер. к-тами легко гидролизуются с образованием 6-метилптерина.

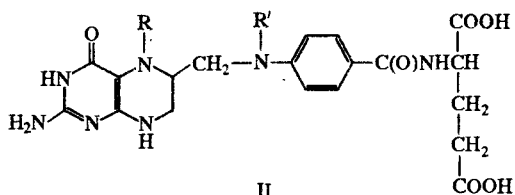
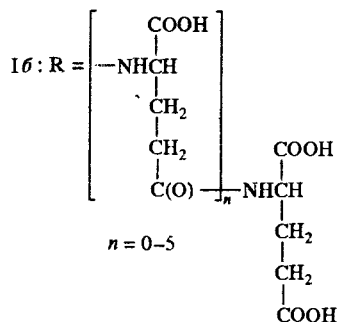
Фолиевая к-та широко распространена в природе, присутствуя во всех животных, растит. и микробных клетках. Особенно велико ее содержание в листьях зеленых растений и в таких продуктах питания (приводятся кол-во фолиевой к-ты в мкг в 100 г продукта), как печень (240), почки (56), зеленые овощи (петрушка – 110, салат – 48), хлеб из целого зерна и муки грубого помола (20–30). Мясо, яйца и молоко более бедны фолиевой к-той (4–15).

Животные не способны к синтезу фолиевой к-ты. Растения и микроорганизмы синтезируют ее из n-аминобензойной к-ты и гуанозинтрифосфата, используемого в качестве предшественника птеринового части молекулы фолиевой к-ты.

Биологически активные формы фолиевой к-ты — 5,6,7,8-тетрагидрофолиевая к-та (ТГФК; II а) и ее производные (коферментные формы Ф.).



II а: R = OH



II а: R = R' = H

II б: R = CH₃, R' = H

II в: R + R' = CH₂

II г: R + R' = CH=NH, R' = H

II д: R = H, R' = CHO

II е: R = CHO, R' = H

II ж: R = CH=NH, R' = H

II з: R + R' = CH=NH, R' = H

Превращение фолиевой к-ты в ТГФК в животных тканях происходит в два этапа: на первом фолиевая к-та, присоединяя два атома H, превращается в дигидрофолиевую, на втором происходит присоединение еще двух атомов H, в результате чего образуется ТГФК. Оба этапа катализирует фермент *тетрагидрофолатдегидрогеназа*.

Фолиевая к-та и ее коферментные формы присутствуют в тканях в виде т. наз. конъюгированных форм, или птероил-полиглутаматов, в к-рых вместо одного остатка глутаминовой к-ты содержится от 2 до 7 ее остатков, связанных пептидными связями (ф-ла II б).

Участвуя в качестве кофермента в разл. ферментативных р-циях, связанных с отщеплением одноуглеродных фрагментов, ТГФК осуществляет их перенос, выступая в одних р-циях в качестве акцептора, в других — в качестве донора этих фрагментов.

К числу одноуглеродных фрагментов, переносимых ТГФК в этих превращениях, относятся группы CH₃, CH₂, —CH=, CHO, CH=NH. Присоединяя эти группы, ТГФК образует след. производные: 5-метил- (II б), 5,10-метил- (II в), 5,10-метил- (II г), 10-формил- (II д), 5-формил- (II е) и 5-формиминотетрагидрофолиевые к-ты (II ж). Взаимопревращения этих производных образуют т. наз. цикл фолиевой к-ты.

Осн. источники одноуглеродных фрагментов, акцептируемых ТГФК в р-циях катаболизма, — α-С-атом глицина, β-С-атом серина, атом С-2 индольного кольца гистидина, а

также образующиеся в организме в процессе обменных р-ций СНООН, СН₂О и ряд др. соединений.

Важная ф-ция коферментных форм Ф. — их участие в биосинтезе пуриновых оснований (аденина и гуанина). В этом процессе 10-формил- и 5,10-метил-ТГФК служат источниками соотв. атомов С-2 и С-8 пуриновых оснований.

В биосинтезе пиридинового кольца фолатные коферменты непосредственного участия не принимают, но они служат источником группы СН₃ при образовании дезокситимидинмонофосфата (дТМФ) из дезоксидиридинмонофосфата.

Участие коферментных форм Ф. в биосинтезе дТМФ и пуриновых оснований, входящих в состав ДНК и РНК, определяет важную роль этого витамина в биосинтезе нуклеиновых к-т, в процессах роста и развития, пролиферации (увеличение числа клеток) тканей, в частности, в процессах кроветворения и эмбрионального развития.

Фолиевая к-та всасывается в тонком кишечнике преим. в виде свободной птероилмоноглутаминовой к-ты. Поскольку фолаты пищи представлены гл. обр. полиглутаматами, то необходимым условием их всасывания и утилизации является их предварит. расщепление γ-Л-глутамил-карбоксипептидазой (конъюгазой), присутствующей в больших кол-вах в желчи, соке поджелудочной железы, стенке тонкого кишечника и др. тканей.

При недостаточном потреблении Ф. страдают прежде всего ткани, для к-рых характерен интенсивный синтез нуклеиновых к-т и высокая скорость деления клеток (кроветворные органы и слизистая оболочка кишечника). Развивается т. наз. макроцитарная анемия. Со стороны органов пищеварения выявляются стоматит, гастрит и энтерит. Дефицит Ф. во время беременности ведет к недоношенности, гипотрофии новорожденных, нарушениям их развития, появлению врожденных уродств.

Хим. (в т. ч. пром.) синтез фолиевой к-ты осуществляют по одной из след. схем: одновременной конденсацией 2,4,5-триамино-6-гидроксипиридина, 2,3-дибромпропионового альдегида и N-(p-аминобензоил)-L-глутаминовой к-ты, постепенным наращиванием молекулы фолиевой к-ты, начиная с пиридинового части молекулы или с p-аминобензоил-L-глутаминовой к-ты.

Фолиевую к-ту, полученную пром. синтезом, применяют в качестве обязат. компонента заменителей женского молока и др. детских питат. смесей, она входит в состав премиксов, используемых для обогащения витаминами разл. продуктов питания (молока, хлебобулочных изделий, безалкогольных напитков и др.), а также кормов сельскохозяйственных животных, входит в состав поливитаминных и комплексных витаминно-минеральных препаратов профилактич. или лечебного назначения.

Фолиевая к-та применяется для профилактики и лечения макроцитарной анемии, при лейкопениях, хронич. гастроэнтероколитах, после резекции кишечника. Дополнит. профилактич. прием фолиевой к-ты (лучше в составе поливитаминных или витаминно-минеральных препаратов) полезен женщинам детородного возраста, беременным и кормящим матерям.

Нек-рые производные фолиевой к-ты — аминоптерин (4-аминоптероилглутаминовая к-та) и амептоптерин (4-амино-10-метилптероилглутаминовая к-та), или метоглутрат, являются ее биол. антагонистами (антивитаминами) и подавляют рост и деление клеток. В связи с этим их применяют при лечении острых лейкозов и ряда онкологических заболеваний. Антагонистами фолиевой к-ты являются также *сульфаниламидные препараты*, нарушающие у микроорганизмов биосинтез фолиевой к-ты.

Рекомендуемая норма потребления фолиевой к-ты взрослыми мужчинами и женщинами составляет 200 мкг в сутки, увеличиваясь при беременности и кормлении грудью в 2–3 раза.

Лит.: Березовский В. М., Химия витаминов, 2 изд., М., 1973; Витамины, под ред. М. И. Смирнова, М., 1974; Экспериментальная витаминология, под ред. Ю. М. Островского, Минск, 1979; Brody T. [a.o.], в кн.: Handbook of vitamins. Nutritional, biochemical and clinical aspects, ed. by L. J. Machlin, N. Y. — Basel, 1984, p. 459–96; Isler O. [u.a.], Vitamine II. Wasserlösliche Vitamine, Stuttgart. — N. Y., 1988.

В. Б. Смирнов

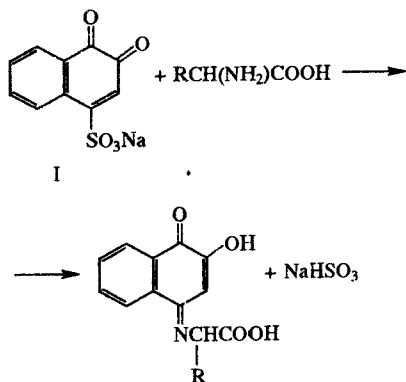
ФОЛИНЕВАЯ КИСЛОТА, см. *Фолацин*.

ФОЛИНА РЕАКЦИЯ. 1) Восстановление реактива Фолина, к-рый представляет собой водный р-р $H_2[P(W_2O_7)_6]$ и (иногда) $H_2[P(Mo_2O_7)_6]$. Собственно реактив Фолина готовят след. образом: 100 г вольфрамата Na, 150 мл H_2O и 33 мл 85%-ной H_3PO_4 кипятят с обратным холодильником в течение часа; добавляют 0,2–0,25 мл Br_2 и кипятят до удаления паров последнего, затем разбавляют водой до 1 л. Этот реактив предложил в 1912 О. Фолин для определения фенолов.

Часто под реактивом Фолина подразумевают реактив Фолина-Чиокалгеу, к-рый готовят неск. иначе: 100 г вольфрамата Na, 25 мг молибдата Na, 700 мл H_2O , 50 мл 85%-ной H_3PO_4 и 100 мл HCl кипятят с обратным холодильником 10 ч, затем добавляют 150 г сульфата Li, 50 мл H_2O и 3–4 капли Br_2 , избыток к-рого удаляют кипячением в течение ок. 15 мин; смесь охлаждают, разбавляют водой до 1 л и фильтруют. Используют и др. модификации реактива Фолина.

Ф. р. и ее варианты применяют для обнаружения и фотометрич. определения фенолов, тиолов и дисульфидов (цистина, цистеина), пуриновых оснований (гуанина, ксантина, 2-гидроксиаденина), мочевой к-ты, пептидов и белков, содержащих тирозин и триптофан. В присут. перечисленных соед. в щелочной среде реактив Фолина восстанавливается до синих оксидов $WO_2 \cdot nWO_3$ или $MoO_2 \cdot nMoO_3$. Интенсивность синей окраски измеряется при длине волны 540–780 нм, чаще 620–660 нм.

2) Взаимодействие Na-соли 3,4-нафтохинон-1-сульфокислоты (ф-ла I) с аминокислотами в слабощелочной среде с образованием хиноидного соед. коричнево-красного цвета с максимумом поглощения при 500–540 нм:



Р-цию применяют для определения аминокислот в биол. р-рах, напр. крови. Р-ция неспецифична, т. к. большинство др. первичных аминов дает окраску в тех же условиях.

Лит.: Мазор Л., Методы органического анализа, пер. с англ., М., 1986, с. 493; Kakáč B., Vějšek Z. J., Handbuch der photometrischen Analyse organischer Verbindungen, Bd 1–2, Prague, 1974. Н. К. Куцева.

ФОЛИОН (метилвый эфир 2-гептин-1-карбоновой к-ты), $CH_3(CH_2)_4C \equiv CCOOCH_3$, мол. м. 154,21; бесцв. или слегка желтоватая жидкость с сильным и резким навязчивым запахом, приобретающим при разбавлении запах свежих листьев фиалки; т. кип. 216,8 °C; 85–86 °C/15 мм рт. ст.; d_4^{25} 0,929–0,930; n_D^{20} 1,446–1,449; давление пара 9,02 Па (20 °C); раств. в этаноле [в 60%-ном 1:18, в 80%-ном 1:(1,5–2,5)] и маслах, не раств. в воде. В природе не найден. Получают действием CH_3OH на гептинкарбоновую к-ту (образуется действием CO_2 на гептинид Na). Применяют как душистое в-во при составлении парфюм. композиций с запахом фиалки.

Л. А. Хейфш.

ФОЛЛКУЛОСТИМУЛИРУЮЩИЙ ГОРМОН (ФСГ, фоллитропин), гликопротеин, молекула к-рого состоит из 2 разл. по структуре субъединиц (α -ФСГ и β -ФСГ), нековалентно связанных друг с другом; мол. м. ок. 30 тыс. Молекулы ФСГ человека и разных видов животных, обладая значит. гомологией, совпадают не полностью. α -ФСГ идентична α -субъ-

единицам лютеинизирующего гормона, тиреотропного гормона и хорионического гонадотропина той же видовой принадлежности и включает 92 аминокислотных остатка. β -ФСГ специфична для данного гормона, ее полипептидная цепь состоит из 118 аминокислотных остатков. Видовых различий в структуре α -субъединицы значительно больше, чем в структуре β -ФСГ.

Углеводная часть ФСГ составляет ок. 15% его мол. м. и характеризуется гетерогенностью. В ее состав входят D-манноза, D-галактоза, L-фукоза, N-ацетилглюкозамин, N-ацетилгалактозамин и сиаловая к-та. Каждая из субъединиц ФСГ содержит по 2 олигосахаридные цепи, соединенные с полипептидной цепью N-гликозидной связью, образуемой остатками N-ацетилглюкозамина и амидной группой остатков аспарагина.

Специфич. биол. св-ва ФСГ обусловлены β -субъединицей, к-рая приобретает биол. активность только после соединения с α -субъединицей. Молекула ФСГ сравнительно легко диссоциирует на субъединицы, напр. под влиянием мочевины или пропионовой к-ты. Изолир. α - и β -ФСГ, полученные в результате диссоциации молекулы ФСГ, могут вновь рекомбинировать с образованием биологически активной молекулы ФСГ. Олигосахаридные цепи необходимы для соединения субъединиц и поддержания надлежащей конформации молекулы, защищая полипептидные цепи субъединиц от расщепления протеолитическими ферментами.

ФСГ вырабатывается и секретируется в кровь специализир. клетками передней доли гипофиза. Синтез и секреция ФСГ гипофизом регулируется гонадолиберин, обладающим стимулирующим эффектом, белковым гормоном половых желез ингибином, подавляющим секрецию ФСГ, а также половыми стероидными гормонами – андрогенами и эстрогенами.

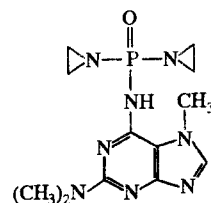
α -Субъединица ФСГ и трех др. родственных гормонов кодируются одним геном, β -ФСГ – отдельным геном. В процессе биосинтеза вначале синтезируется на отдельных матричных РНК полипептидная цепь каждой из субъединиц. Синтез и присоединение олигосахаридных цепей происходят в процессе трансляции субъединиц и после ее завершения. Во время котрансляционного гликозилирования богатые маннозой олигосахаридные фрагменты присоединяются к остаткам аспарагина. При посттрансляционном гликозилировании отдельные остатки маннозы элиминируются и добавляются внешние, терминальные, остатки сахаров (галактозы, фукозы и N-ацетилглюкозамина). При этом может происходить сульфирование концевых остатков гексааминов.

Физиол. роль ФСГ заключается в регуляции ф-ции половых желез. При этом он действует совместно с лютеинизирующим гормоном. ФСГ стимулирует рост и созревание фолликулов в яичниках у самок, развитие и созревание сперматозоидов в семенниках у самцов, усиливает секрецию половыми железами эстрогенов и андрогенов, повышает чувствительность половых желез к лютеинизирующему гормону.

ФСГ выделяют из гипофизов животных и человека. Препараты ФСГ для мед. применения получают из мочи женщин после наступления менопаузы – последнего менструальноподобного кровотечения.

Лит.: Физиология эндокринной системы, Л., 1979, с. 76–85; Pierce J. G., Parsons T. F., «Ann. Rev. Biochem.», 1981, v. 50, p. 465–95; Fiddes J. C., Talmadge K., «Recent Prog. Horm. Res.», 1984, v. 40, p. 43–78; Salesse R. [a. o.], «Biochimie», 1991, v. 73, № 1, p. 109–20. А. А. Булатов.

ФОПУРИН (2-диметиламино-6-дитиленинофосфамидо-7-метилпурин), мол. м. 322,10; бесцв. кристаллы, раств. в воде, 95%-ном этаноле, легко раств. в хлороформе. Р-ры иногда опалесцируют. Получают Ф. многостадийным синтезом из теобромона через промежуточное образование дихлорангидрида 2-диметиламино-7-метилпуринил-6-амидофосфорной к-ты, к-рая взаимодействует с этилендином в присут. K_2CO_3 . Ф. содержит алкилирующие группы и, в то же время, близок по строению к антиметаболитам пуринового обмена. Благодаря алкилирующей и антиметабо-



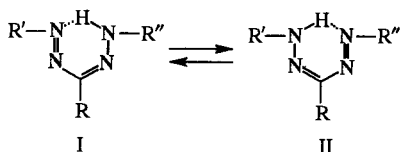
литной активности Ф. влияет на клетки на всех стадиях клеточного цикла и является противоопухолевым препаратом широкого спектра действия. Малотоксичен. Применяется при остром и хронич. лейкозах, кожных ретикулезах, ретинобластоме, псориазе.

Лит.: Проценко Л.Д., Булкина З.П., Химия и фармакология синтетических противоопухолевых препаратов, К., 1985, с. 112-17.

А. С. Соколова.

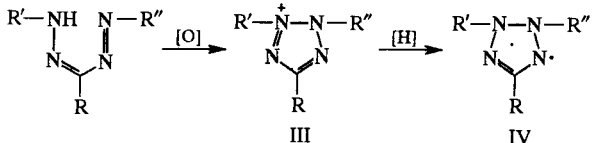
ФОРМАЗАНЫ, содержат в молекуле азогидразонную группу $\text{N}^1=\text{N}^2-\text{C}^3=\text{N}^4-\text{N}^5$ (указан порядок нумерации для замещенных Ф.). Незамещенный Ф. неизвестен. Наиб. распространены 1,5-ди- и 1,3,5-тризамещенные Ф.

Ф., имеющие разные заместители в положениях 1 и 5, существуют в таутомерных формах (ф-лы I и II):

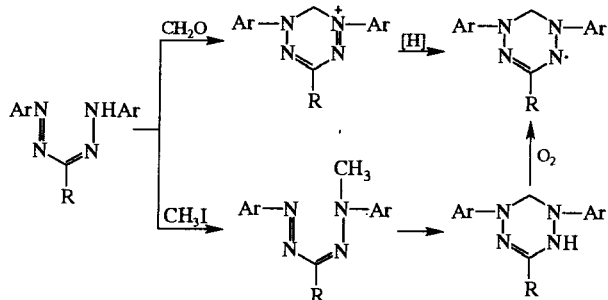


Ф. проявляют амфотерные св-ва. Так, 1,5-диарилформазаны $\text{ArN}=\text{NCH}=\text{NNHAr}$ благодаря легкости диссоциации связи $\text{N}-\text{H}$ обладают слабокислыми св-вами (для 1,5-дифенилформазана pK_a 16,5), в сильнокислых средах наличие атомов N обуславливает протонирование Ф. как оснований.

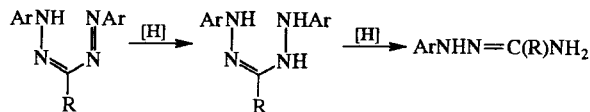
Одна из наиб. важных р-ций Ф. – окисление их с образованием тетразолиевых солей (III); окислители – амилнитрит с HCl, тетраацетат свинца, N-бромсукцинимид, хлор и др.). При восстановлении тетразолиевых солей амальгамой Al и пропиофеноном в основных и кислых средах образуются своб. радикалы – тетразолилы (IV); последние присутствуют в неочищенных образцах Ф. и тетразолиевых солей):



Конденсация Ф. с алифатич. альдегидами в присут. к-т или оснований приводит к образованию вердазилиевых ионов, к-рые избытком альдегида в щелочной среде восстанавливаются до *вердазилиевых радикалов*. Последние м. б. получены также алкилированием Ф. первичными алкилгалогенидами или диалкилсульфатом с послед. циклизацией образующихся N-алкилформазанов в лейковердазилы и окислением O_2 воздуха:

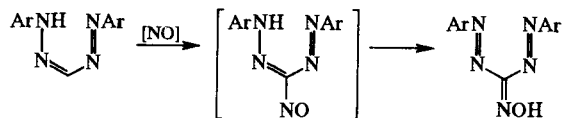


При действии на Ф. восстановителей (сульфид аммония, дитионит Na, фенилгидразин, меркаптаны, LiAlH_4) сначала восстанавливается азогруппа с образованием карбогидразида, а затем происходит разрыв связи $\text{N}-\text{N}$ и образуются амидразоны:



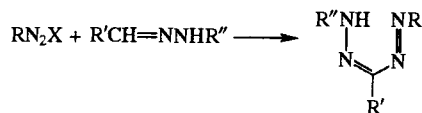
1,3,5-Тризамещенные Ф. алкилируются (арилируются) с образованием N-алкил(арил)производных. Ф., замещенные в положении 3 на Cl, Br, NO_2 и др., вступают в р-цию с нуклеоф. реагентами, давая соответствующие продукты замещения. 1,5-Дизамещенные Ф. аминометилируются по атому C в условиях *Маннинга реакции*.

При действии галогенов на 1,5-диарилформазаны происходит замещение водорода метиновой группы с одновременным галогенированием фенильных фрагментов. При нитрозировании образуются C-нитрозопроизводные, существующие в стабильной арилазооксимной форме:

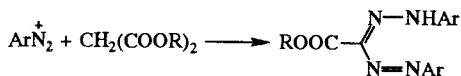
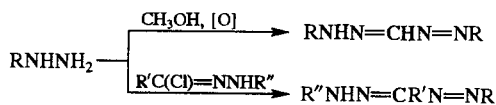


Ф. образуют с металлами (Cu^{2+} , Co^{3+} , Ni^{2+} и др.) ярко окрашенные комплексные соединения.

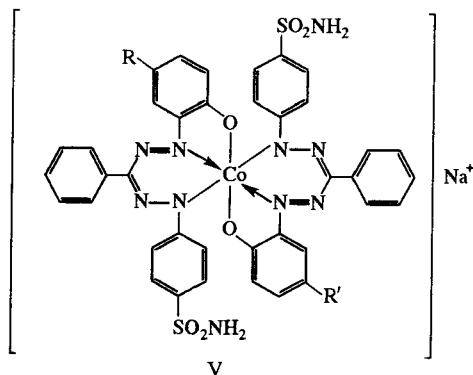
Осн. способ получения 1,3,5-тризамещенных Ф. – взаимод. диазониевых соед. с гидрозоами альдегидов в щелочной среде:

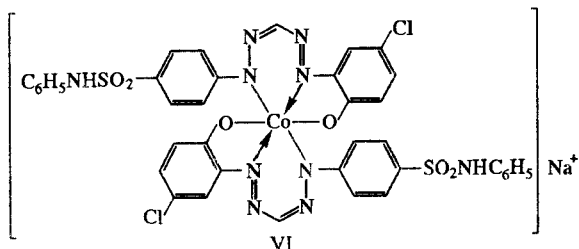


Ф. могут быть получены окислит. сочетанием производных гидразина (обычно N-замещенных производных бензилидазолилдигидразина) со спиртами, альдегидами или гетарилгидразонами альдегидов либо взаимод. арилгидразинов с хлор- или нитрогидразонами; действием на соед., содержащие активные метильную, метиленовую или метиновые группы, катионов арил- или гетарилдiazония, напр.:



Ф. применяют в качестве аналит. реагентов, напр. *дитизон*, *цинкон* и др. Соли тетразолия используют в биол. исследованиях в качестве акцепторов электронов для индикации окислит.-восстановит. процессов. Комплексы Ф. с металлами – красители текстильных и др. материалов. Так, Co-комплекс ф-лы V дает оливковые ($\text{R}=\text{R}'=\text{NO}_2$), черные и серые окраски ($\text{R}=\text{R}'=\text{Cl}$ или $\text{R}=\text{NO}_2$, $\text{R}'=\text{Cl}$); комплекс ф-лы VI





окрашивает шерсть, шелк и полиамидные волокна в темно-синий цвет.

Металлокомплексы формазановых красителей выпускают в Польше под назв. польфаланы.

Лит.: Химия формазанов, М., 1992.

А. А. Дудинов, Б. И. Степанов.

ФОРМАЛИН (формоль), водный р-р формальдегида (обычно 37–40%-ный), содержащий 6–15% метанола (ингибитор полимеризации формальдегида). Ф. – бесцв. жидкость с характерным острым запахом, при стоянии мутнеет из-за выпадения белого осадка параформальдегида (см. *Формальдегид*). Плотн. 1,1109–1,0764 (18 °С), n_D^{20} 1,3766–1,3776 (зависит от содержания метанола); рН 2,8–4,0. Устойчивости при хранении способствует повышение т-ры. Нек-рые торговые марки Ф. содержат 45–50% формальдегида и ок. 1% метанола. При длит. хранении в Ф. образуется небольшое кол-во метилаля $\text{CH}_2(\text{OCH}_3)_2$.

Ф. – источник формальдегида, дезинфицирующее и дезодорирующее средство, его используют для сохранения анатомич. препаратов, дубления кож, для бальзамирования.

В. Н. Розанов.

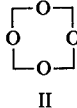
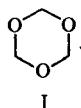
ФОРМАЛЬДЕГИД (муравьиный альдегид, метаналь), HCHO , мол. м. 30,3; бесцв. газ с резким раздражающим запахом; т. пл. –118 °С, т. кип. –19,2 °С; d_4^{20} 0,9172, d_4^{20} 0,8153, плотн. по воздуху 1,04; $t_{\text{криг}}$ 137,2–141,2 °С, $p_{\text{криг}}$ 6,784–6,637 МПа; ур-ние температурной зависимости давления пара в интервале от –109 до –22 °С: $\lg p$ (Па) = 9,2817 – 959,43/(243,39 + t); C_p^0 35,4 Дж/(моль·К), $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 23,31 кДж/моль (19 °С), $\Delta H_{\text{гор}}^0$ –561,5 кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –115,9 кДж/моль, S_{298}^0 218,8 Дж/(моль·К).

Чистый газообразный Ф. относительно стабилен при 80–100 °С, при т-рах ниже 80 °С медленно полимеризуется; процесс ускоряется в присут. полярных р-рителей (в т. ч. воды), к-т и щелочей.

Ф. хорошо раств. в воде, спиртах и др. полярных р-рителях. При низких т-рах смешивается в любых соотношениях с неполярными р-рителями: толуолом, диэтиловым эфиром, этилацетатом, CHCl_3 (с увеличением т-ры р-римсть падает), не раств. в петролейном эфире. Водные р-ры Ф. содержат равновесную смесь моногидрата $\text{CH}_2(\text{OH})_2$ (99,9%), неустойчивого в своб. состоянии, и полимергидратов $\text{HO}(\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$ ($n = 2–8$), устойчивых кристаллич. соединений. При продолжит. хранении водных р-ров (особенно при низких т-рах) и при их концентрировании степень полимеризации увеличивается. Для хранения водных р-ров Ф. их стабилизируют метанолом (см. *Формалин*). При упаривании водных р-ров в вакууме образуется параформ, или параформальдегид $(\text{CH}_2\text{O})_n$ ($n = 8–12$), при действии щелочи на конц. водные р-ры – т. наз. α -полиоксиметилена ($n > 100$). Полимеризация в неполярном р-рителе приводит к *полиформальдегиду* ($n > 1000$).

Параформ – бесцв. кристаллы с запахом Ф., т. пл. 120–170 °С, в холодной воде р-рается медленно, в горячей – быстро, образуя р-ры Ф., плохо раств. в ацетоне; горюч, т. всп. 72 °С.

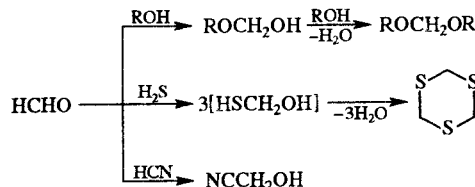
Известны циклич. полимеры Ф.: триоксан (ф-ла I, т. пл. 64 °С), получаемый перегонкой 60%-ного водного р-ра Ф. с разб. H_2SO_4 , и тетраоксиметилена (ф-ла II, т. пл. 112 °С), образующийся при нагр. диацетата высокомогл. полиоксиметилена.



Ф. обладает высокой реакционной способностью. Восстанавливается H_2 в присут. многих металлов или их оксидов (напр., Ni, Pt, Cu) до метанола; окисляется HNO_3 , KMnO_4 до муравьиной к-ты или CO_2 и H_2O ; осаждает мн. металлы (Ag, Pt, Au, Bi и др.) из р-ров их солей, окисляясь при этом в муравьиную к-ту.

С альдегидами в присут. сильных щелочей Ф. вступает в т. наз. перекрестную р-цию Канничаро $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO} + \text{HCHO} \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH} + \text{HCOONa})$; с ацетальдегидом в присут. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ образует пентаэритрит, в паровой фазе при 285 °С – акролеин; под действием алкоколятов Al или Mg Ф. подвергается диспропорционированию с образованием метилформиата (см. *Тищенко реакция*).

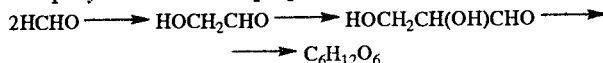
Р-ция Ф. со спиртами в присут. сильных к-т приводит к ацеталам (формалам), с H_2S – к циклич. тритиану, с HCN в присут. щелочей – к циангидрину:



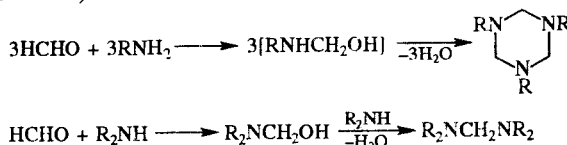
Ф. присоединяется к олефинам в присут. кислых катализаторов с образованием 1,3-дигликолей и 1,3-диоксанов (см. *Принса реакция*), р-ция Ф. с изобутиленом дает изопрен, жидкофазная конденсация с пропиленом в присут. BF_3 или H_2SO_4 – бутадиен. Из Ф. и кетена в пром-сти получают β -пропиолактон.

Р-ция Ф. с ацетиленом – пром. способ получения бутадиена (см. *Ретте реакция*), при взаимод. двух молекул Ф. с ацетиленом образуется 2-бутин-1,4-диол.

В присут. извести Ф. превращается в углеводы:



При взаимод. Ф. с NH_3 образуется гексаметилентетрамин, с первичными аминами – тримеры, с вторичными – бис-(диалкиламино)метаны:



Соед. с подвижным атомом водорода реагируют с Ф. и NH_3 (или аминами) по *Манниха реакции*. Р-ция Ф. с NH_4Cl – пром. способ получения метиламина: $2\text{HCHO} + \text{NH}_4\text{Cl} \longrightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 \cdot \text{HCl} + \text{HCOOH}$ (р-ция может идти дальше с образованием ди- и триметиламинов). С мочевиной в щелочной среде Ф. дает моно- и диметиловые производные, поликонденсацией к-рых получают *мочевино-формальдегидные смолы*, а из меламина и Ф. – *меламино-формальдегидные смолы*.

Ароматич. соед. (бензол, анилин, толуол) образуют с Ф. соответствующие диарилметаны: в присут. HCl бензол хлорметируется Ф. по Блана реакции, образуя бензилхлорид; с фенолами в присут. к-т или оснований Ф. конденсируется с образованием *орто*- и *пара*-метилольных производных, к-рые далее превращаются в *феноло-формальдегидные смолы*. Продукты конденсации Ф. с фенол- и нафталинсульфонокислотами используют как дубильные в-ва (неразол и др.).

В пром-сти Ф. получают окислит. дегидрированием метанола в паровой фазе O_2 воздуха в присут. Ag при 680–720 °С (конверсия метанола 97–98%) либо в присут. Ag или серебряной сетки при 600–650 °С (конверсия 77–87%) с возвращением непрореагировавшего метанола в рецикл. Процесс мож-

но проводить в избытке воздуха в присут. оксидов металлов (Fe-Mo-V) при 250–400 °C (конверсия 98–99%). Ф. может быть получен окислением метана, пропана, бутана, этилена, гидрированием СО, однако эти методы не имеют пром. значения по экономич. причинам.

В лаб. условиях Ф. получают дегидрированием метанола над медью, термич. разложением формата цинка, деполимеризацией параформа.

Для обнаружения Ф. используют реагент Шиффа или р-цию Ф. с фенилгидразином и $K_3[Fe(CN)_6]$ в щелочной среде (красное окрашивание). Определяют Ф. иодометрически либо применяя р-цию Ф. с сульфитом Na с послед. титрованием выделившейся щелочи к-той: $HCHO + Na_2SO_3 \rightarrow HOSCH_2SO_3Na + NaOH$, а также жидкостной хроматографией и др. методами.

Ф. используют в орг. синтезе, в произ-ве синтетич. смол и пластмасс, для синтеза мн. лек. в-в и красителей, для дубления кож, как дезинфицирующее, антисептич. и дезодорирующее средство.

Ф. токсичен, вызывает дегенеративные процессы в паренхиматозных органах. Сильное действие на нервную систему, по-видимому, связано с наличием примесей метанола в техн. Ф. или превращением Ф. в организме в метанол и муравьиную к-ту. В то же время считается, что Ф. быстро окисляется в организме до CO_2 (на 70–80%).

ПДК в атм. воздухе 0,003 мг/м³, в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м³, в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,05 мг/л. Т. самовоспл. 430 °C, КПВ при 20 °C 7–72% (по объему).

Мировое произ-во Ф. ок. 5 млн. т в год (1980), из них в США 28%, Германии 17%, Японии 12%.

Лит.: Уокер Дж. Ф., Формальдегид, пер. с англ., М., 1957; Walckert J. F., Formaldehyde, 3 ed., N. Y., 1964; Kirk - Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 11, N. Y., 1980, p. 231–50. В. Н. Розанов.

ФОРМАМИД (амид муравьиной к-ты, метанамид), $HCONH_2$, мол. м. 45,04; бесцв. гигроскопич. жидкость без запаха; т. пл. 2,55 °C, т. кип. 210,5 °C; d_4^{20} 1,1334, n_D^{20} 1,4475; η 3,76 мПа·с, γ 58,2 мН/м (20 °C), μ 11,24·10⁻³⁰ Кл·м; давление пара (кПа): 0,13 (70,5 °C), 2,67 (122,5 °C), 13,33 (157,5 °C), 53,32 (193,5 °C); C_p 2,3 кДж/(кг·K) (19 °C); $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 1673 кДж/кг, $\Delta H_{\text{ст-р}}^0$ -12530 кДж/кг, $\Delta H_{\text{ф-р}}^0$ -3529 кДж/кг; теплопроводность 0,352 Вт/(м·K), ϵ 109 ± 1,5 (25 °C).

Ф. хорошо раств. в воде, низших спиртах, орг. к-тах, эфирах, глицеролах, ацетоне, феноле, хлороформе, не раств. в углеводородах, нек-рых хлоруглеводородах, нитробензоле. Ф. — хороший р-ритель для неорг. солей, он растворяет казеин, желатин, животный клей, не раств. углеводороды, жиры и масла. Высокомол. полимеры и прир. продукты либо р-ряются в Ф., либо набухают в нем.

По хим. св-вам Ф. — типичный представитель алифатич. амидов карбоновых кислот. При т-ре ниже 100 °C устойчив к действию света и O_2 воздуха, выше 160 °C начинается разложение, к-рое при т-ре кипения составляет 0,5% в мин. Продукты разложения гл. обр. СО и NH_3 , а также небольшие кол-ва HCN и H_2O . При т-рах выше 500 °C в присут. воздуха и катализатора (Al_2O_3 , алумосиликат) Ф. дегидрируется до HCN (выход 90%). При комнатной т-ре Ф. устойчив к воде, при повышенной т-ре в присут. к-т и щелочей гидролизует до муравьиной к-ты и NH_3 , к-рые образуют формат аммония. При р-ции Ф. с H_2SO_4 образуется муравьиная к-та с почти количеств. выходом, при р-ции с CH_3ONa — диформиламид Na, с ацилхлоридами — триациламины. Алкоголиз Ф. приводит к эфирам муравьиной к-ты.

В пром-сти Ф. получают: 1) прямым синтезом из NH_3 и СО при 80–100 °C и 10–30 МПа в метанольном р-ре CH_3ONa ; из реакц. смеси извлекают метанол, затем удаляют катализатор и соли и перегоняют Ф.; 2) при двухстадийном способе сначала получают метилформат р-цией СО и CH_3OH в присут. каталитич. кол-в CH_3ONa , а далее очищенный метилформат вводят в р-цию с NH_3 (жидким или газообразным) при 80–100 °C и 0,2–0,6 МПа. Выделяющийся метанол от-

правляют в рецикл. При двухстадийном синтезе получают более чистые Ф. и CH_3OH и упрощается их очистка.

Ф. — р-ритель, мягчитель для бумаги, входит в состав масел для бальзамирования. Сырье для синтеза муравьиной к-ты, а также разл. гетероциклов (имидазола, пиримидина, триазины и др.) и нек-рых алкалоидов.

Ф. действует на нервную и сосудистую системы, паренхиматозные органы (особенно на печень), на плод; проникает через неповрежденную кожу, обладает способностью к кумуляции.

ПДК в атм. воздухе 0,035 мг/м³, в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м³, в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,5 мг/л. Т. всп. 175 °C, т. самовоспл. > 500 °C.

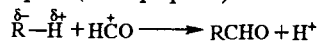
Лит.: Органические растворители, пер. с англ., М., 1958, с. 434–36; Kirk - Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 11, N. Y., 1980, p. 258–62. В. Н. Розанов.

ФОРМАНИЛИД, см. Анилиды.

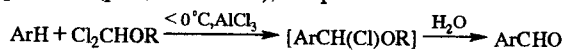
ФОРМИАТЫ, соли и эфиры муравьиной кислоты.

ФОРМИЛИРОВАНИЕ, введение формильной группы СНО в молекулу орг. (реже неорганических) соединений. В зависимости от того, к какому атому в субстрате присоединяется формильная группа, различают С-, N-, O- и S-Ф. С-Ф. — один из важнейших методов получения альдегидов. Ф. гетероатомов применяют для защиты групп NH_2 , OH, SH; для получения формамида, эфиров муравьиной и тиомуравьиной к-т; для проведения р-ций циклизации.

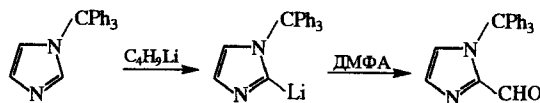
Формальными синтонами (см. Органический синтез) в р-циях Ф. могут быть формил-катион, формил-радикал и формил-анион. Большинство р-ций Ф. протекает с участием формил-катиона HCO^+ , к-рый атакует электроноизбыточные положения субстрата (электроф. Ф.):



В качестве электроф. формилирующих реагентов (синтетич. эквивалентов формил-катиона) применяют соед., в к-рых формильная группа присутствует либо в явном виде, напр. муравьиная к-та, формилфторид, этилформат, смешанный ангидрид муравьиной и уксусной к-т, ДМФА и др., либо в маскированном, напр. ортомуравьиный эфир, синильная к-та, гексаметилентетрамин, 1,3,5-триазин. В последнем случае формильная группа образуется в результате гидролитич., восстановит. и прочих превращений, к-рым подвергаются промежут. продукты присоединения формилирующего агента к субстрату. Так, Ф. ароматич. соед. может быть осуществлено действием N, N-дизамещ. производных формамида и $POCl_3$ (Вильсмайера реакция) либо действием смеси СО и HCl (Гаттермана-Коха реакция); для Ф. фенолов и их эфиров используют HCN и HCl в присут. к-т Льюиса (Гаттермана синтез), нагревание с гексаметилентетрамином и H_3BO_3 (Даффа реакция), взаимодействие фенолов с $CHCl_3$ в щелочной среде (Раймера-Тимана реакция). В качестве формилирующих агентов (для ароматич. углеводородов, фенолов и их эфиров, azulena, гетероциклич. соед.) применяют также ди-хлорметилалкиловые эфиры Cl_2CHOR ; р-цию проводят в присут. $AlCl_3$ или других к-т Льюиса ($TiCl_4$, $SnCl_4$) с послед. гидролизом (р-ция Рихе), напр.:



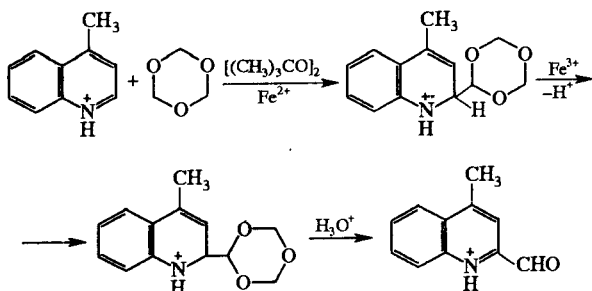
В нек-рых случаях формилируют не сам субстрат, а его металлоорг. производное; это позволяет вводить альдегидную группу и в неактивир. (для электроф. замещения) положение молекулы, напр.:



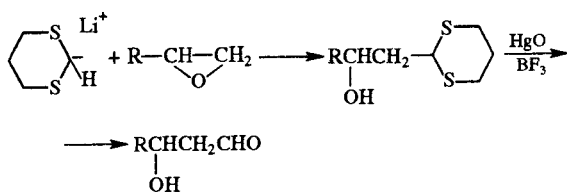
Вместо ДМФА в подобных р-циях можно использовать N-метилформамид, N-формилпиперидин, N-формилморфолин и др. Формильная группа может замещать остаток MgX в реактивах Гриньяра (р-ция Буво): $HCONR'R'' +$

+ RMgBr \longrightarrow RCHO. В р-цию вступают только замещенные формамиды.

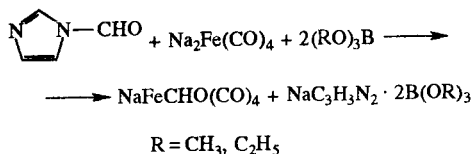
Ф. электронодефицитных соединений проводят в условиях свободно-радикального процесса. Так, лепидин (4-метилхинолин) формилируется триоксаном в присут. CF_3COOH или *трет*-бутилпероксида и Fe^{2+} в положение 2 с выходом 61%. В ходе р-ции генерируемый триоксанильный радикал (синтетич. эквивалент формил-радикала) благодаря нуклеоф. характеру атакует атом С-2 в катионе лепидиния:



Нуклеоф. формилирующим агентом может служить анион 1,3-дигидан (синтетич. эквивалент формил-аниона), напр.:



Примером Ф. неорг. соед. служит р-ция динатрийтетракарбонилжелеза с N-формилимидазолом в присут. триалкилборатов в среде ТГФ; в результате один атом Na замещается на формильную группу:



Ф. имеет важное биохим. значение, напр. в биосинтезе имидазолов, пуринов и пиримидинов. В живых организмах переносчиком формильных групп служит тетрагидрофолиевая к-та (см. Фолатин).

См. также Гидроформилирование.

Лит.: Бюлер К., Пирсон Д., Органические синтезы, пер. с англ., ч. 2, М., 1973, с. 49, 77; Мищенко Г. Л., Вацуро К. В., Синтетические методы органической химии, М., 1982, с. 372; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1982, с. 488; Olah G. A. [a. o.], «Chem. Rev.», 1987, v. 87, № 4, p. 671-86. А. Ф. Пожарский.

ФОРМОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН, образование из р-ра или расплава волокнообразующего полимера тонких струй с послед. их затвердеванием в виде волокон (нитей, жгутов), ориентац. вытягиванием термич. и др. обработками. Иногда вместо термина «формование» (Ф.) используют исторически сложившийся текстильный термин «прядение», хотя эти два процесса не имеют ничего общего.

Процесс Ф. включает следующие основные стадии:

1) Расплавление, растворение или пластификация полимера с целью перевода его в вязкотекучее (жидкое) состояние; подготовка полученной полимерной жидкости (расплава или р-ра) к Ф., включающая фильтрование, дегазацию и введение добавок.

2) Собственно Ф., включающее дозирование расплава или р-ра, истечение струй из тонких отверстий металлич. пластины (фильеры) и перевод их в переохлажденное или

пересыщенное состояние, в результате чего происходит образование твердой полимерной фазы в форме волокон, имеющих еще недостаточно упорядоченную и неравновесную структуру.

3) Ориентац. вытягивание и термич. обработка полученных волокон (вторая стадия Ф.) с целью придания им оптим. структуры и св-в.

Существует неск. методов Ф.; основными являются следующие: Ф. из расплава или пластифицир. полимера с охлаждением струй ниже т-ры затвердевания; сухое Ф. из р-ра с испарением р-рителя и повышением концентрации полимера до перехода струй в твердообразное состояние; мокрое Ф. из р-ра в среде осадителя, приводящее к изменению состава системы и затвердеванию струй; Ф. с фазовым распадом из р-ра при охлаждении струй до перехода их в затвердевшее состояние.

Ф. из р-ров применяют в тех случаях, когда т-ра разложения полимера близка к т-ре плавления или ниже ее.

Теоретические основы. Волокнообразующие полимеры должны иметь определенные структурные характеристики и удовлетворять ряду техн. требований:

1) Заданная мол. структура, в т.ч. наличие полярных функц. групп, от чего зависит возможность плавления или растворения полимера, выбор метода формирования и мл. св-ва волокон.

2) Линейное или слабоветвленное строение макромолекул, от чего зависит возможность получения высокоупорядоченной, ориентированной структуры волокон и их мех. св-ва.

3) Средняя мол. м. в пределах 15-150 тыс. (иногда до 300 тыс.) и по возможности узкое ММР. Нижний предел мол. масс лимитируется нестабильностью образования жидких струй и низкими мех. св-вами получаемых волокон, верхний — технол. трудностями переработки высоковязких расплавов и р-ров и возможностью образования в них телеобразных частиц, приводящих к возникновению дефектов в волокнах.

4) Устойчивость к термич. и(или) хим. воздействиям в процессах получения волокон.

5) Однородность состава, св-в и миним. содержание посторонних примесей и загрязнений, от чего зависит стабильность технол. процесса и качество получаемых волокон.

При всем различии строения полимеров важнейшим показателем, определяющим процессы структурообразования при Ф., является гибкость макромолекул. По их собственной гибкости, характеризующей, напр., величиной статистич. сегмента А, полимеры разделяют на гибкоцепные ($A < 3$ нм), полужесткоцепные ($3 \text{ нм} < A < 10$ нм) и жесткоцепные ($A > 10$ нм). Для гибкоцепных полимеров термодинамически равновесной является изогнутая форма макромолекул и их ориентирование требует затраты внеш. работы, что при получении волокон вызывает необходимость значительных кратностей вытяжки. Жесткоцепные полимеры со стержнеобразными молекулами способны переходить в термодинамически равновесное жидкокристаллич. состояние и при течении или наличии незначит. начальной ориентации в них проходят процессы самопроизвольного упорядочения и ориентирования.

При Ф. протекает комплекс реологич., тепло- и(или) массообменных, аэро- и гидродинамич. явлений, фазовых и структурных превращений, определяемых видом исходного волокнообразующего полимера, методами и условиями Ф. и послед. обработок. Основные из них рассмотрены ниже.

Образование струй происходит при истечении дозированного кол-ва расплава или р-ра полимера из отверстий фильеры. При малых скоростях истечения вблизи пов-сти фильеры возникает расширение струи, обусловленное действием поверхностных сил и релаксационными процессами (рис. 1). При больших скоростях истечения расширение струи сменяется ее утонением. Под влиянием сдвиговых напряжений в каналах фильеры возникает незначит. ориентация макромолекул. При малых временах релаксации (маловязкие р-ры гибкоцепных полимеров) и малых скоростях Ф. эта ориентация почти полностью исчезает. В жесткоцепных полимерах времена релаксации велики и ориентация сохраняется.

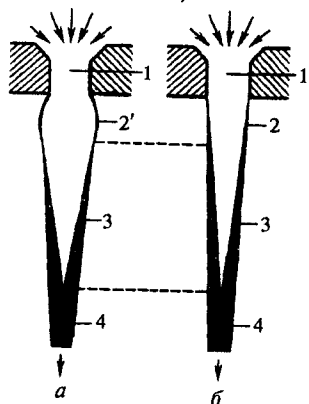


Рис. 1. Схемы истечения струек расплава или р-ра и образования волокна при малых (а) и больших (б) кратностях фильерных вытяжек: 1 – течение в канале фильеры; 2, 2' – жидкая часть струи (2' – расширение струи); 3 – зона осаждения полимера и образования первичной структуры волокна; 4 – зона затвердевшего волокна и вторичного структурообразования.

Важнейшим условием протекания процесса Ф. является стабильность образования струй, к-рая зависит от чистоты расплава или р-ра и их вязкоэластич. св-в: при малых вязкостях возможен капиллярный распад струй под влиянием поверхностных сил, при очень большой вязкости возможно нарушение сплошности истечения с появлением разрывов струи. Эти нарушения существенно усугубляются под влиянием примесей и гелеобразных частиц, к-рые кроме того уменьшают прочность волокна.

Динамика и кинематика Ф. определяются действующими на вытекающие из отверстий фильеры струи и формуемые волокна след. сил: поверхностного натяжения; реологич. сопротивления деформациям; инерционных сил, необходимых для приращения скорости и кинетич. энергии волокна; аэро- или гидродинамич. сопротивления; тяжести. Все эти силы изменяются по длине пути Ф. и в конечном счете уравновешиваются усилием отвода волокна из зоны Ф., к-рое существенно увеличивается с ростом скорости отвода.

Под влиянием этих сил происходит растяжение полимерных струй и волокна, вследствие чего структурообразование протекает в поле продольного градиента скорости, меняющегося по длине пути Ф. соотв. изменению реологич. св-в и изменению сил по длине пути Ф. Это приводит к S-образной форме кривой распределения скоростей с макс. градиентом в ее средней части (рис. 2).

По изменению реологич. св-в и кинематике движения формуемых волокон весь путь Ф. следует разделить на три основные зоны: истечения с образованием струй расплава или р-ра; выделения твердой полимерной фазы и первичного структурообразования; вторичного структурообразования (частичной кристаллизации или синерезиса гель-волокна).

Обобщенный показатель кинематики Ф. – изменение скоростей формуемого волокна (его деформация и изменение поперечного сечения), к-рые характеризуются величинами кажущейся и истинной фильерной вытяжки, соотв. Φ_k и Φ_n :

$$\Phi_k = v_n/v_0; \quad \Phi_n = \frac{v_n}{v_0} \cdot \frac{d_p^2}{d_0^2}, \quad (1)$$

где v_0 и v_n – соотв. скорости истечения из фильеры и выхода волокна из зоны Ф.; d_0 и d_p – соотв. диаметры отверстий фильеры и расширенной части струи.

При отсутствии расширения струй значения Φ_k и Φ_n совпадают. Величины фильерных вытяжек обычно больше 1 и возрастают с увеличением скорости Ф. Однако при мокром методе Ф. Φ_k может иметь значения менее 1.

Процессы тепло- и(или) массообмена определяют переход струи расплава или р-ра в состояние пересыщения, что необходимо для протекания фазовых переходов и структурообразования.

При Ф. из расплава перенос тепла внутри волокна осуществляется по механизму теплопроводности (см. Теплообмен), а его отдача в окружающую среду определяется вынужденной конвекцией. Т-ра по длине пути получаемого волокна непре-

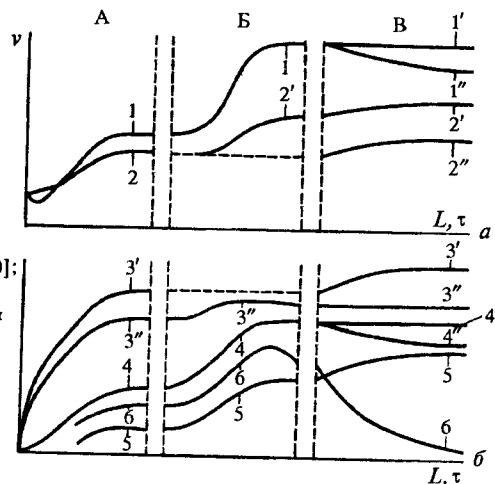


Рис. 2. Схема распределения скоростей (а) и процессов структурообразования (б) по зонам формирования волокон (нитей): А – зона осаждения и первичного структурообразования; Б – зона ориентации, вытягивания; В – зона термич. или термопластификации, обработки; v – скорость волокна (нити), θ – угол разориентации волокон, X – степень кристалличности волокон, $\sigma_{вн}$ – внутр. напряжения в волокнах, L – длина пути формирования, τ – время; 1, 1', 1'' – распределение скоростей при формировании из гибкоцепных полимеров, 1' и 1'' – термич. обработка под натяжением и в свободном состоянии (с усадкой); 2, 2', 2'' – распределение скоростей при Ф. из жесткоцепных (жидкокристаллических) полимеров, 2', 2'' – с термич. вытягиванием или без него; 3', 3'' – изменение ориентации при формировании из жесткоцепных (жидкокристаллических) полимеров с термич. вытягиванием или без него; 4, 4', 4'' – изменение ориентации при Ф. из гибкоцепных полимеров, 4', 4'' – термич. обработка под натяжением и в свободном состоянии (с усадкой); 5 – изменение степени кристалличности; 6 – изменение внутр. напряжений.

равно понижается, но если при Ф. происходит кристаллизация, сопровождающаяся тепловыделением, то на небольшом участке пути она остается примерно постоянной.

При Ф. по сухому методу из р-ров происходит конвективный подвод тепла к волокну, диффузия в волокне, испарение р-рителя и встречный процесс отвода его паров в окружающую среду. Состав волокна по длине пути Ф. непрерывно меняется – увеличивается концентрация полимера. Т-ра на значит. длине пути меняется мало и соответствует т-ре мокрого термометра и только после испарения основного кол-ва р-рителя постепенно повышается, приближаясь к т-ре окружающей среды. Значительная по сравнению с теплотой кристаллизации теплота испарения и большое кол-во испаряемого р-рителя требуют во много раз большего времени для теплообмена, чем при Ф. из расплава; это существенно ограничивает скорость Ф. по сухому методу.

При Ф. из р-ров по мокрому методу происходит встречная диффузия осадителя внутрь волокна и р-рителя из него. Вследствии этого состав волокна по длине пути Ф. непрерывно меняется. Выходя из осадит. ванны волокно содержит значит. кол-во жидкости, существенно обогащенной осадителем. Процессы диффузионного переноса происходят достаточно медленно, что ограничивает скорость Ф. по мокрому методу.

Во всех методах формирования тепло- и(или) массообмен определяется последовательно протекающими процессами внутр. (в волокне) и внеш. (в окружающей среде) переноса. В большинстве случаев основное сопротивление представляют процессы теплопроводности и(или) диффузии внутри волокна и окружающем его ламинарном пограничном слое, к-рые достаточно хорошо описываются дифференц. ур-ниями переноса, представленными в цилиндрич. координатах.

При Ф. пучка волокон, особенно с использованием фильер с большим числом отверстий, важное значение имеет однородность температурного и(или) концентрац. полей. Неодинаковость граничных условий вокруг отдельных волокон создает различия в тепло- и(или) массообмене, структурооб-

разовании и вызывает неравномерность их физ. и механич. св-в. По этой причине ограничивается максимально допустимое число отверстий в фильерах, особенно при Ф. из расплава и р-ра по сухому методу.

Структурообразование при Ф. определяется процессами затвердевания струй расплава или осаждения в них полимера с одновременным формированием надмол. и микроstructures волокон. При Ф. из расплава или пластифицир. полимера процессы структурообразования начинаются при охлаждении ниже темп-ры плавления или потери текучести. При Ф. из р-ра возможны три пути выделения твердой полимерной фазы: испарением р-рителя с повышением концентрации р-ра, заменой р-рителя на осадитель и охлаждением р-ра. Применимость этих путей определяется св-вами системы полимер – р-ритель или полимер – р-ритель – осадитель, а также видом соответствующих диаграмм фазового равновесия и текучести в координатах состав – т-ра. Повышение концентрации полимерной фазы приводит к потере текучести и образованию студнеобразного геля-волокна, содержащего значит. кол-во жидкости, удаляемой затем вследствие испарения или синерезиса.

Обычно твердая полимерная фаза выделяется в аморфном состоянии, а в случае если полимер способен к быстрой кристаллизации (что характерно, напр., для нек-рых гибкоцепных полимеров), волокно может частично закристаллизоваться.

Кинетика фазовых переходов (кристаллизации) при Ф. определяется двумя осн. стадиями: образованием зародышей в переохлажденной или пересыщенной полимерной жидкости и их ростом в радиальном направлении и следует экспоненциальному Колмогорова – Аврамы:

$$x_t = x_{\infty} [1 - \exp(-k_x t^{q_x})], \quad (2)$$

где x_{∞} и x_t – соотв. предельное и текущее кол-во образовавшейся новой фазы; k_x – константа скорости; t – время; q_x – коэф., зависящий от механизма зародышеобразования, имеет значения от 2 до 4.

Вторичное структурообразование подчиняется ур-нию:

$$x_t = x_{\text{нач}} + a_x \ln t, \quad (3)$$

где $x_{\text{нач}}$ – начальное кол-во образованных структур; a_x – коэф., характерный для данной системы.

Входящие в эти ур-ния коэф. зависят от т-ры, состава и величины мех. напряжения, что ограничивает область применения ур-ний.

Образование ориентированной надмол. структуры в волокне происходит под влиянием продольного градиента скорости формируемого волокна, матричного эффекта на границе раздела с уже осажженным полимером, поперечной контракции (сжатия) геля-волокна и др. Ориентация тем выше, чем больше величина фильерной вытяжки. Возникновение ориентации может способствовать кристаллизации. Вследствие быстрого структурообразования надмол. структура волокна неравновесна. На рис. 2 представлено изменение осн. характеристик надмол. структуры по длине пути Ф.: ориентации, кристалличности и внутр. напряжений.

Особым случаем является Ф. из расплава с использованием ориентац. кристаллизации путем подбора соответствующих условий. В этом случае увеличение мех. напряжения в зоне структурообразования путем увеличения аэродинамич. сопротивления при увеличении скоростей Ф. или использования тормозных устройств существенно увеличивает степень ориентации, скорость кристаллизации и кристалличность получаемых волокон.

При Ф. волокон из расплава или р-ров жесткоцепных полимеров, находящихся в жидкокристаллич. состоянии или переходящих в это состояние во время Ф., уже небольших значений фильерных вытяжек достаточно для получения значит. ориентац. упорядоченности.

Радиальная направленность тепло- и(или) массообмена в волокне приводит к неодновременному образованию и ориентации твердой полимерной фазы по его сечению и возник-

новению гетерогенной микроstructures (рис. 3). Поверхностный слой образуется раньше, чем сердцевина, на него раньше начинают действовать силы растяжения, что приводит к появлению слоистой структуры, причем ориентация поверхностного слоя (оболочки) обычно выше, чем сердцевин. С увеличением скоростей Ф. и фильерных вытяжек гетерогенность структуры возрастает. Особенно заметна гетерогенность микроstructures при мокром методе Ф., чему способствует также периодичность процесса осаждения вследствие образования периодич. зон пересыщения под влиянием встречной диффузии р-рителя и осадителя. Чем больше скорость структурообразования, тем значительнее выражена слоистость структуры, поэтому она особенно характерна для вискозных волокон.

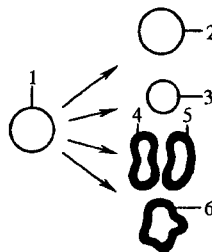


Рис. 3. Схема образования и форма поперечного сечения сформованных волокон: 1 – струйка расплава или р-ра; 2 – круглое сечение при формировании из расплава; 3, 4, 5, 6 – сечение при формировании из р-ра при разл. соотношениях скоростей массообмена и осаждения: 3 – круглое, гантелевидное, бобовидное, амебовидное. В сечениях 4, 5, 6 видна гетерогенная микроstructure.

При Ф. из расплава или р-ра по сухому методу слоистость микроstructures выражена существенно слабее. Из жидкокристаллич. или переходящих в жидкокристаллич. состояние р-ров осаждение полимера происходит достаточно медленно и почти одновременно по всему сечению, что приводит к получению достаточно однородной по сечению микроstructures.

Форма поперечного сечения волокна при Ф. из расплава сохраняет профиль (обычно круглый) отверстия фильеры. При Ф. из р-ра форма поперечного сечения волокна может изменяться и зависит от различия в скоростях осаждения полимера по поперечному сечению и образования слоистой структуры, а также величины поперечной контракции волокна при удалении р-рителя. При близком к одновременному осаждению полимера по сечению формируемого волокна поперечная контракция происходит равномерно, сохраняется круглая форма сечения. Неодновременное осаждение и образование достаточно жесткого наружного слоя препятствует поперечной контракции при удалении р-рителя из сердцевинной части, что приводит к появлению некруглого сечения разл. формы (гантелевидное, бобовидное, амебовидное и др.), а в нек-рых случаях и к возникновению пустот (рис. 3).

При вытягивании и термич. обработке волокон происходят повышение степени ориентации, дальнейшая кристаллизация и релаксация внутр. напряжений. Эффективное проведение ориентац. вытягивания и термич. обработки возможно только при достаточной мол. подвижности полимера, т. е. в высокоэластич. состоянии, что достигается двумя путями: 1) нагревом в среде горячего теплоносителя (воздуха, инертной жидкости) или контактом с нагретой пов-стью до т-р, лежащих между т-рами стеклования и плавления полимера; 2) пластификацией низкомол. жидкостями или парами с целью снижения т-р стеклования и плавления, что позволяет существенно снизить т-ру обработки.

Вытягивание и термообработку в присут. пластификаторов проводят обычно при получении волокон по мокрому методу, причем второй процесс иногда совмещают со стадией сушки.

Ориентац. вытягивание м.б. одно- и двухстадийным с общей кратностью вытяжки K_v , определяемой соотношением скоростей выхода v_2 и входа v_1 нитей в зоне вытягивания: $K_v = v_2/v_1$. Кратность вытяжки составляет от 1,3 до 12 и более, время процесса вытягивания, необходимое для структурных перестроек, составляет от сотых долей секунды до неск. сек.

Ориентац. вытягивание приводит к повышению прочности и снижению деформативности (росту модуля деформации и уменьшению удлинения при разрыве). Однако одновременно

увеличивается неравновесность структуры и возрастают внутр. напряжения, что вызывает усадочность волокон, особенно заметную при малых временах вытягивания.

Степень ориентации и мех. св-ва волокон возрастают до определенного предела, ограничиваемого величиной мех. напряжения, приводящего к обрывам волокон в местах имеющих дефектов.

Процессы термич. и термопластификац. обработки можно проводить в своб. состоянии или под натяжением. Для завершения кристаллизац. и релаксац. процессов требуется значит. время – от неск. сек до десятков мин в зависимости от мол. подвижности в принятых условиях обработки. При обработке под натяжением время увеличивается или требуется более высокая т-ра.

Кинетика структурных перестроек, в частности кристаллизация волокон при термич. обработке, подчиняется ур-нию (3).

Релаксац. процессы, в частности релаксация внутр. напряжений, описывается экспоненц. ур-нием типа ур-ния Кольрауша:

$$\sigma_{\text{вн}, \tau} = \sigma_{\text{вн}, \text{нач}} \exp(-k_{\sigma} \tau^{q_{\sigma}}), \quad (4)$$

где $\sigma_{\text{вн}, \text{нач}}$ и $\sigma_{\text{вн}, \tau}$ – соотв. начальное и текущее значения внутр. напряжения; k_{σ} – константа скорости релаксации; q_{σ} – коэф. Константа скорости k_{σ} зависит от величины мех. напряжения и т-ры. Аналогичные экспоненц. зависимости описывают изменение размеров (при обработке в своб. состоянии) и усадочность полученных волокон.

Изменение структуры и св-в волокон при термич. обработке зависит от гибкости макромолекул и ориентации после вытягивания. Для большинства волокон термич. обработка в своб. состоянии сопровождается усадкой, что приводит к некрому снижению степени ориентации и соотв. к уменьшению прочности и увеличению деформативности. При термич. обработке без усадки (под натяжением) мех. св-ва меняются незначительно.

В процессах ориентац. вытягивания и термич. обработки микроструктура волокон существенно не изменяется, хотя может неск. увеличиться поперечная гетерогенность.

Для получения высоких мех. св-в волокон из гибкоцепных и нек-рых полужесткоцепных полимеров необходимы макс. значения ориентац. вытяжек (3–12-кратные) и проведение термич. обработки под значит. натяжением. Получение же сверхпрочных волокон на основе высокомогл. полиэтилена и поливинилового спирта ведется с вытяжками, достигающими 15–50-кратных, что позволяет получить высокоориентированную структуру.

Существенные особенности имеют структурные перестройки в волокнах на основе полужесткоцепных и особенно жесткоцепных полимеров, способных к переходу в жидкокристаллич. состояние. С увеличением жесткости макромолекулы величина ориентац. вытяжки уменьшается или она полностью исключается. В то же время при термич. обработке происходит самопроизвольное удлинение волокон, увеличение степени ориентации, снижение разнородности мол. цепей. Следствием этого является увеличение прочности, модуля деформации и снижение удлинения при разрыве.

При всем различии методов и технол. процессов Ф. высокопрочных волокон и нитей их можно разделить на две принципиально разл. группы, отличающиеся способностью волокнообразующего полимера к образованию ориентированной структуры: из гибкоцепных и полужесткоцепных полимеров, ориентирование к-рых возможно только при больших величинах вытяжек; из жесткоцепных полимеров, упорядочение структуры к-рых требует небольших величин первоначальной ориентации, а далее происходит самопроизвольно или при небольших величинах послед. вытяжек.

Метод и условия Ф. оказывают существенное влияние на микроструктуру волокон: поперечную гетерогенность, форму поперечного сечения, пористость, характер пов-сти. Чем более однородна и менее дефектна микроструктура волокон, тем выше их мех. св-ва.

Технология формования. Технол. процессы и аппаратурное оформление процессов Ф. и послед. обработок хим. волокон весьма разнообразны; они м. б. полунепрерывными и непрерывными в зависимости от необходимого ассортимента, мощности произ-ва, технол. уровня и др. факторов. Важное значение имеют энерго- и материалоэкономность процессов, регенерация химикалий, обеспечение санитарно-гигиенич. и экологич. безопасности.

Получение и подготовка к Ф. расплавов и р-ров полимеров производятся периодич. или непрерывными методами. Часто применяются прямые процессы их получения без промежуточного выделения полимера после синтеза, что более экономично.

При Ф. из расплава используют два основных вида процессов. В полунепрерывном процессе заранее полученный гранулир. полимер обычно расплавляют и дегазируют в шнековом экструдере (см. *Полимерных материалов переработка*). В прямом процессе расплав полимера после синтеза непрерывно дегазируется в тонком слое, фильтруется и подается на Ф.

Получение р-ров полимеров и их подготовку к Ф. производят периодич. (при малых мощностях) и непрерывными методами. Применяемые р-рители должны обеспечивать полное р-рение полимера с образованием стабильного технол. р-ра максимально возможной концентрации и заданной вязкости, обладать миним. токсичностью, быть доступными и легко регенерироваться или утилизироваться.

Периодич. растворение производят в реакторах с мешалками по заданному циклу. Для усреднения состава р-ра обычно смешивают неск. партий в промежуточных баках с мешалками. Непрерывное растворение обычно производят в аппаратах с вращающимися роторами, создающими сильное гидродинамич. поле, в к-рые непрерывно дозируются компоненты.

Прямые процессы синтеза и растворения полимера также могут производиться периодич. и непрерывными методами.

Полученный р-р транспортируется шестеренными насосами. Его подвергают фильтрованию в аппаратах с намынным слоем или фильтр-прессах, дегазации в баках (в толстом слое), или непрерывно (в тонком слое), затем повторному фильтрованию (в фильтр-прессах или керамич. пористых свечевых фильтрах) и направляют на Ф. Существенные отличия имеет технология получения *вискозных волокон*.

Введение матирующих в-в, пигментов или других добавок производят на стадии расплавления или растворения полимера, но чаще готовится конц. расплав или р-р, к-рый смешивают с основным потоком, направляемым на Ф. Основные характеристики методов Ф. приведены в табл.

Ф. из расплава применяют при получении след. видов нитей и волокон: полиолефиновых (полиэтиленовых, полипропиленовых), полиамидных (из поликапроамида, полигексаметиленадипинамида и др. алифатич. полиамидов), полиэфирных (из полиэтилентерфталата, а также жидкокристаллич. ароматич. полиэфиров и сополиэфиров), плавких сополимеров тетрафторэтилена и др. Расплавы этих полимеров имеют рабочую т-ру на 30–60 °С выше т-ры плавления. Основные условия получения волокон из расплавов также приведены в таблице.

Машины для формования из расплава имеют устройства для подачи расплава, шахты для формования, механизмы транспортирования (иногда вытягивания) и приемки нитей или жгутиков. Расплавы дозируются насосом, дополнительно фильтруются и поступают в фильеру. Струи расплава охлаждаются в вертикальной шахте, к-рая состоит из двух частей: обдувочной (охлаждающей) с подачей кондиционир. воздуха и сопроводительной без подачи воздуха. Сформованные нити замасливаются, принимаются на паковки, а жгутики объединяются в общий жгут и укладываются в контейнер.

Вытягивание и термич. обработку нитей производят индивидуально на крутильно-вытяжной машине. Текстильные нити могут выпускаться без термич. обработки, если они предназначены для получения *текстурированных нитей* или проходят термообработку при отделке готовых текстильных полотен или изделий. В произ-ве технол. полиэфирных нитей

применяют групповую обработку 100–200 нитей на проходном агрегате, что позволяет достигать более высоких мех. св-в. Вытягивание и термич. обработку жгутов производят также на проходном агрегате, где заключит. стадиями являются авиважная обработка, гофрировка и, при необходимости, резка.

полотна, к-рое затем подвергается иглопрокалыванию и, при необходимости, термоскреплению (каландрованию).

Получение *фибриллированных нитей* производится из расплавов полиолефинов (полиэтилена, полипропилена), полиамидов и полиэфиров на основе пленок, формируемых на проходном агрегате по непрерывной схеме.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ФОРМОВАНИЯ ВОЛОКОН

	Из расплава ^а	Из расплава, высокоскоростное ^а	Из пластифицир. полимеров ^б	Из р-ра по сухому методу ^в	Из р-ра по мокрому методу ^г	Из р-ра по мокрому методу ^д
Характеристика расплава или р-ра						
концентрация, %	100	100	100	15–30	5–25	6–10
вязкость, Па·с	50–500	50–500	> 200	20–100	5–50	4–10
Фильтры:						
диаметр отверстий, мм	0,25–0,5	0,25–0,5	0,3–1,5	0,08–0,3	0,05–0,12	0,05–0,1
число отверстий	1–50 [*]	10–50 [*]	10–30 ^{*,*}	9–40 [*]	50–500 [*]	10–100 [*]
	50–500 [*]			100–1000 [*]	4800–120000 [*]	500–1200 [*]
	1000–2000 [*]					4800–120000 [*]
Характеристика зоны формирования (длина пути, м)	Охлаждение воздухом в вертикальной шахте (6–10)	Охлаждение воздухом в вертикальной шахте (6–10)	Охлаждение в водной ванне (0,8–1,3)	Испарение р-рителя нагретым воздухом в вертикальной шахте (3–6)	Осаждение в ванне, желобе или трубке (0,5–2,5)	Осаждение в кислотно-солевой ванне, желобе или трубке (0,3–1,5)
Ф _к	10–100	30–500	3–50	3–7	0,5–1,5	0,5–1,5
Скорость на выходе из зоны формирования, м/мин	500–1500	6000–8000	5–30	200–500 (иногда до 1000)	3–30	30–150
Послед. обработка	Термич. вытягивание в 3,5–10 раз. Термич. обработка в среде воздуха или водяного пара	—	Термич. или (реже) пластификац. вытягивание в 2–5 раз. Термич. обработка на воздухе	Пластификац. н (или) термич. вытягивание в 2–6 раз. Термич. обработка на воздухе (кроме ацетатных и триацетатных)	Пластификац. (иногда дополнит. термич.) вытягивание в 2–12 раз	Пластификац. вытягивание в 1,3–2,5 раза, термопластификац. обработка совмещена с сушкой
Линейная плотн. готовых волокон, текс/м	0,25–20	0,25–1,0	20–1000	0,2–1,0	0,1–1,0	0,1–2,0

^а Полиолефины, полиакрилонитрил, полиэтилентерефталат. ^б Соплимеры винилхлорида, винилиденхлорида. ^в Ацетат и триацетатцеллюлозы, полиакрилонитрил. ^г Полиакрилонитрил, ПВХ, поливиниловый спирт. ^д Вискоза. ^{*} Текстильные нити. ^{*} Технические нити. ^{*} Жгуты.

Использование совмещенного процесса «формование – вытягивание» позволяет повысить скорости приема на паковки до 3000–4000 м/мин. Однако этот процесс целесообразен только в случае, если не требуется дополнит. термич. обработка, и применяется в осн. при получении полиамидных нитей.

Используется также высокоскоростное Ф. из расплава при скоростях 6000–8000 м/мин. В этом случае крайне быстро протекает структурообразование (ориент. кристаллизация) в мех. поле с большим градиентом скорости, что позволяет получать нити с ориентированной равновесной структурой без дополнит. вытягивания и термообработки. Этот процесс в осн. реализован для текстильных полиэфирных нитей, предназначенных для послед. текстурирования или применения в произ-ве трикотажа, что объясняется повышенным удлинением получаемых нитей.

Ф. из расплава имеет существенные преимущества перед др. методами: высокая скорость, санитарно-гигиенич. и экологич. безвредность. Недостаток: невозможность использования фильер с числом отверстий более 2000 из-за затруднений с обеспечением равномерности охлаждения формируемых волокон.

При получении моноплетней большой толщины Ф. может производиться как с охлаждением в шахте, так и в водной охлаждающей ванне. В этом случае скорости формирования, послед. вытягивания и термообработки существенно ниже.

Применяют также Ф. из расплава волокон с неконтролируемыми размерами: центробежное, аэродинамическое. При центробежном Ф. капли расплава, срываясь с вращающегося ротора, растягиваются в виде волокон с одновременным охлаждением воздухом.

Широко используется аэродинамич. Ф. из расплавов полиолефинов, полиамидов и полиэфиров. Струи расплава, вытекающие из отверстий фильеры, растягиваются высокоскоростной струей воздуха, охлаждаются и образовавшиеся нити раскладываются на сетчатом транспортере в виде нетканого

Ф. из р-ров по сухому методу применяют при получении след. видов нитей и (реже) волокон: ацетатных (р-ритель – ацетон с добавкой воды), триацетатных (метилхлорид с добавкой этанола), полиакрилонитрильных (ДМФА, ДМСО, этиленкарбонат), поливинилхлоридных (смесь ацетона и сероуглерода или бензола), поливинилспиртовых (вода) и др.

Машины для Ф. имеют устройство для подачи р-ра, обогреваемые шахты для Ф., механизмы транспортирования и приемки нитей или жгутиков. Р-р дозируют насосиком, подогревают и подают через фильтр в фильеру. Образующиеся струи р-ра поступают в вертикальную шахту, куда подается горячий теплоноситель (обычно воздух) противотоком или прямотоком и где происходит испарение р-рителя и образование волокна. Воздух подается в таком кол-ве, чтобы парогазовая смесь имела концентрацию вне пределов взрывоопасности (обычно ниже этого интервала), но достаточно высокую для послед. рекуперации р-рителей. Нити принимают на паковку или объединяются в общий жгут. Полученные нити или жгуты (за исключением ацетатных и триацетатных) подвергают термич. вытягиванию и термич. обработке примерно теми же методами, что и формируемые из расплава.

Схожий метод используют для Ф. нитей на основе полимеров, пластифицир. летучими р-рителями (концентрация 30–60%), ПВХ, поливинилового спирта. В этом случае скорости Ф. существенно ниже, волокна имеют более высокую линейную плотность.

Отсасываемую из шахт для Ф. парогазовую смесь подвергают регенерации с применением методов низкотемпературной конденсации и сорбции с послед. ректификацией и возвратом р-рителей в процесс.

Ф. по сухому методу позволяет получать волокна из неплавающих полимеров, разлагающихся ниже т-ры плавления, достигая достаточно высоких скоростей Ф. Возможность получать высокие концентрации р-рителей в парогазовой смеси и отсутствие сточных вод позволяет эффективно их регенери-

ровать и до минимума свести выбросы в окружающую среду. Однако процесс испарения р-рителя лимитирует возможность использовать фильеры с числом отверстий более 500 и повышать скорости Ф., что ограничивает производительность процесса и делает применение сухого метода менее эффективным при получении волокон в резаном виде или жгутов.

Предложены методы сухого Ф. волокон с неконтролируемыми размерами: центробежное, аэродинамическое, электростатическое. Практич. значение имеет последний метод для получения ультратонких волокон (микроволокон) на основе сополимеров акрилонитрила, винилхлорида в легколетучих р-рителях (напр., ацетон). Струи р-ра, вытекающие из капилляров, растягиваются в электростатич. поле, из них испаряется р-ритель и образовавшиеся тонкие волокна раскладываются на сетчатом барабане или транспортере с образованием тонкого нетканого полотна (материала).

Ф. из р-ров по мокрому методу включает два типа процессов: без протекания хим. р-ций и с их протеканием. Первый из них применяют при получении след. волокон и нитей: полиакрилонитрильных (р-рители – водный р-р роданида натрия, ДМФА, диметилацетамид; осадитель – водный р-р этих соединений); поливинилхлоридных (р-ритель – ДМФА; осадитель – его водный р-р); поливинилспиртовых (р-ритель – вода; осадитель – водный р-р Na_2SO_4); триацетатных [р-ритель – ацетилирующая смесь (см. *Целлюлозы ацетаты*); осадитель – ее водный р-р]. По мокрому методу формируются также мн. сверхпрочные, сверхвысокомодульные и термостойкие волокна на основе ароматич. полимеров.

Обычно применяют машины непрерывного процесса, имеющие устройства для подачи р-ра, пластика, вытягивания, промывки, сушки и приемки. Р-р дозируется насосом и подается через фильтр в фильеру. Ф. происходит в горизонтальном желобе, горизонтальных или вертикальных трубках, куда подается осадит. ванна, в к-рую вытекают струйки р-ра из отверстий фильеры и происходит образование волокна. Сформованные нити и жгуты (последние объединяются в общий жгут) подвергают послед. обработкам, включающим операции: пластика, вытягивание, противотяжную промывку и сушку. Операцию замасливания нитей проводят при дальнейшей переработке. Жгуты дополнительно подвергают авиаживной обработке, гофрированию и, при необходимости, резке. Термич. вытягивание и термообработку проводят только при получении нек-рых видов нитей и волокон техн. назначения.

Разновидность мокрого метода – Ф. через воздушную прослойку (сухо-мокрое Ф.), применяемое в осн. при получении нитей из высоковязких формовочных р-ров (особенно на основе жесткоцепных полимеров), что требует использования фильер с большим диаметром отверстий и соотв. высоких значений фильерных вытяжек. Ф. ведется сверху вниз глубоким методом или в трубках. Струи формовочного р-ра проходят путь 5–50 мм на воздухе, где происходит основная доля фильерной вытяжки, после чего поступают в осадит. ванну, где происходит образование волокна. Этот метод позволяет в неск. раз увеличить скорость Ф. по сравнению с обычным процессом и достигнуть более высокой степени ориентации волокон.

По мокрому методу получают также волокнисто-пленочные материалы (фибриды) путем осаждения полимера из р-ра смешением его с осадит. ванной в гидродинамич. поле с большими градиентами скоростей. После промывки и сушки они имеют вид волокнистых частиц неправильной формы.

При получении волокон по мокрому методу образуется избыток технол. р-ров (осадит., пластика, ванн и промывных вод), а в отсасываемом от оборудования воздухе содержатся летучие в-ва, используемые в процессе. Производятся их регенерация с возвратом в технол. цикл и очистка разбавленных сточных вод и газов, что имеет важное экологич. и экономич. значение.

Ф. с протеканием хим. р-ций применяют при получении гидратцеллюлозных волокон (*вискозных волокон и медноаммиачных волокон*). Процессы их Ф. и послед. обработок имеют ряд существенных отличий. Так, вискозные волокна

формируются в осадит. ванне, содержащей в качестве основных компонентов серную к-ту, сульфаты натрия и цинка, при более высоких скоростях, чем др. виды волокон, получаемых по мокрому методу. Сформованные нити или жгуты подвергают пластика, вытягиванию, промывке, десульфурации (удалению образовавшейся при Ф. серы), авиаживной обработке, сушке и, при необходимости, резке. При получении вискозных и медноаммиачных волокон особо важное значение имеют процессы регенерации химикатов и очистки выбросов.

Ф. по мокрому методу является сложным многостадийным процессом, в к-ром образуется большое кол-во отходов, а достижение их эффективной регенерации часто затруднено. Малые скорости Ф. делают процесс малозаконономичным при получении нитей, он применяется только тогда, когда невозможно использование сухого метода (напр., при употреблении в качестве р-рителей водно-солевых р-ров, при высокой т-ре кипения орг. р-рителей или их терморазложении).

Процесс мокрого Ф. эффективен при получении жгутов и штапельных волокон в случае применения фильер с большим числом отверстий, что позволяет достигать высокой производительности оборудования, локализовать места газовых и жидких выбросов, существенно повысить их концентрацию и эффективность регенерации и снизить санитарно-гигиенич. вредность.

Ф. из р-ров с фазовым распадом при охлаждении и используют при получении волокон из полиолефинов (р-рители – высококипящие углеводороды), предложено также для волокон из полиакрилонитрила (смесь ДМФА с диметилсульфоном или мочевиной), поливинилового спирта (вода с мочевиной, капролактан), поливинилхлорида (капролактан или его смеси с циклогексаном) и др. Ф. производится в шахте с охлаждением или в охладит. ванне. Волокна подвергают пластика, вытягиванию. Р-ритель удаляют осторожной (напр., вакуумной) сушкой или промывкой легколетучими жидкостями, смешивающимися с р-рителем полимера (во мн. случаях водой), с послед. сушкой. После этого, при необходимости, проводят термич. вытягивание и термообработку. Практич. применение метод нашел при гелеформовании высокопрочных нитей на основе сверхвысокомол. полиэтилена.

Возможность использования достаточно конц. р-ров (15–30%) и высоких скоростей (200–1000 м/мин) делает этот метод перспективным при получении нитей; он м. б. применен также при получении волокон на основе нек-рых жесткоцепных полимеров.

Нетрадиционные методы используют для получения и послед. обработки нек-рых видов волокон. К этим методам относятся Ф. из дисперсий неплавких и нерастворимых полимеров в др. полимере – загустителе с послед. термич. обработкой, полимераналогичные превращения, хим. модификация и др. См., напр., *Неорганические волокна, Термостойкие волокна, Углеродные волокна, Фторволокна*.

Для придания волокнам новых св-в применяются методы физ., физ.-хим. и хим. модификации. Физ. модификация позволяет получать волокна с разл. формой поперечного сечения, высокоразвитой пов-стью: профилированные, ультратонкие, высокопористые, бикомпонентные, высокоосадочные и др. Физ.-хим. модификация используется для введения в волокна дисперсных наполнителей или нанесения поверхностных слоев со спец. св-вами – оптическими, электрофизическими, биологическими и др. При хим. модификации в макромолекулы волокнообразующего полимера на стадии синтеза или путем полимераналогичных р-ций в процессе формования и послед. обработок вводят функц. группы; таким путем получают волокна с повышенной гидрофильностью, окрашиваемостью, биостойкостью, пониженной горючестью, ионообменными св-вами и др.

Развитие процессов Ф. происходит по неск. направлениям. Для традиционных полимеров и технол. процессов наиб. важно: увеличение единичной мощности оборудования, повышение скоростей Ф., создание непрерывных и совмещен-

ных процессов «формование – вытягивания – термообработка», автоматизация оборудования.

Для произ-ва текстильных синтетич. нитей из расплава развиваются непрерывные процессы Ф.: вытяжка со скоростями приема 3000–4000 м/мин и более; высокоскоростное Ф. со скоростями 7000–8000 м/мин, а в перспективе до 10 000–12 000 м/мин. Для произ-ва техн. нитей и волокон в жгуте создаются агрегаты с высокой единичной мощностью.

При произ-ве нитей по мокрому методу перспективно повышение концентрации р-ров, развитие процессов Ф. через воздушную прослойку (что позволяет существенно повысить скорости), создание нового поколения непрерывных технол. процессов с проведением всех операций на одной машине. Применение блочных фильер и интенсивных процессов отделки позволит увеличить массу жгутов при Ф. по мокрому методу и повысить производительность оборудования до 50 т в сут.

Наиб. трудности представляет развитие произ-ва гидратцеллюлозных волокон из-за большой их материал- и энергоемкости, а также несоответствия совр. санитарно-гигиенич. и экологич. требованиям. Очевидно, что их произ-во будет постепенно снижаться.

Альтернативны этим процессам методы прямого получения концентратов целлюлозных р-ров и Ф. из них волокон без проведения полимераналогичных р-ций. Существенным является выбор р-рителей, не вызывающих быстрой деструкции целлюлозы. Так, пром. значение начинают приобретать процессы получения гидратцеллюлозных волокон из р-ров в N-оксидах третичных аминов, особенно N-метилморфоллин-N-оксиде.

Дальнейшее развитие получают Ф. из жидкокристаллич. состояния для получения волокон с высокими мех. св-вами, Ф. с фазовым распадом, а также разл. нетрадиционные методы, необходимые для получения волокон со спец. св-вами.

Одним из перспективных направлений является использование принципов природного прямого синтеза ориентированных волокнистых структур (аналогично образованию целлюлозных волокон в растениях или волокон шерсти у животных) или одностадийного Ф. ориентированных волокон из р-ров с фазовым распадом в мех. поле (аналогично образованию фиброиновых нитей шелка гусеницами шелкопряда или паутины пауками). Последнее требует создания новых видов полимеров (сополимеров), близких по св-вам к фиброину, возможно, с применением методов биотехнологии.

Существенными для развития всех направлений является разработка технол. и аппаратурных решений, обеспечивающих сохранение или повышение качества и равномерности свойств получаемых волокон и нитей, разработка процессов макс. регенерации химикатов, обезвреживания выбросов; снижение материал- и энергоемкости.

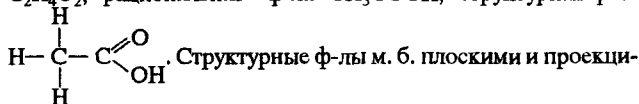
Лит.: Химические волокна, под ред. З. А. Роговина и др., т. 1–10, М., 1973–84; Роговин З. А., Основы химии и технологии химических волокон, 4 изд., т. 1–2, М., 1974; Перепелкин К. Е., Физико-химические основы процессов формирования химических волокон, М., 1978; его же, Структура и свойства волокон, М., 1985; Зяблицкий А., Теоретические основы формирования волокон, пер. с англ., М., 1979; Перепелкин К. Е. [и др.], «Химические волокна», 1984, № 3, с. 17–24; № 4, с. 14–19; Юркевич В. В., Пакшивер А. Б., Технология производства химических волокон, М., 1987; Высоко-скоростное формование волокон, пер. с англ., М., 1988; Панков С. П., Теоретические основы производства химических волокон, М., 1990.

К. Е. Перепелкин.

ФОРМУЛА ХИМИЧЕСКАЯ, изображение состава и строения молекул с помощью хим. знаков (хим. символов) и числовых индексов. Хим. символ атома состоит из первой буквы или из первой и одной из следующих букв латинского названия элемента, напр. углерод – С (Carboneum), медь – Cu (Cuprum), кадмий – Cd (Cadmium). Число атомов в молекуле принято писать в подстрочном индексе справа от символа элемента (единицу опускают), напр. H₂O.

Различают эмпирич. ф-лы (показывают простейшее количеств. соотношение между элементами), молекулярные (указывают число атомов, входящих в молекулу данного соед.), рациональные (при изображении выделяют функциональные группы) и структурные (характеризуют расположение атомов,

порядок связи и валентность каждого атома в молекуле). Так, для уксусной к-ты эмпирич. ф-ла CH₃CO, молекулярная ф-ла C₂H₄O₂, рациональная ф-ла CH₃COOH, структурная ф-ла



Структурные ф-лы м. б. плоскими и проекци-

онными (см. Ньюмена формулы, Фишера формулы, Хоуорса формулы).

М. А. Федоровская.

ФОРПОЛИМЕРЫ (предполимеры, преполимеры), олигомеры или полимеры, содержащие функц. группы и способные участвовать в р-циях роста или(и) сшивания цепи с образованием высокомолекулярных линейных и сетчатых полимеров.

Ф.–осн. компоненты полимерных материалов, вводимые на разл. стадиях их получения или формирования. Термин «Ф.» в первую очередь относится к жидким аддуктам полиолов с избытком ди- или полиизоцианатов в произ-ве изделий из полиуретанов, твердым продуктам, образующимся при предварт. полимеризации эфиров аллилового спирта в произ-ве прессматериалов на их основе, а также р-римым полиамидокислотам в произ-ве полиимидных пленок. См. также Олигомеры, Смолы синтетические.

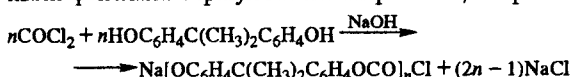
П. Г. Бабаевский.

ФОСГЕН (дихлорангидрид угольной к-ты), COCl₂, мол. м. 98,92; бесцв. газ с запахом прелого сена или гниющих фруктов; т. пл. –118 °С, т. кип. 7,56 °С; d₄²⁰ 1,381; γ 34,6 мН/м (0 °С); давление пара 8,86 Па; летучесть 6370 мг/л (20 °С); t_{криз} 182,3 °С, p_{криз} 5,6 МПа; ΔH_{ср}⁰ –218 кДж/моль; плохо раств. в воде (0,9% по массе при 20 °С), хорошо – в орг. р-рителях.

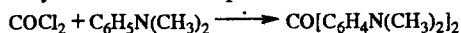
Ф. обладает св-вами галогенангидридов карбоновых кислот. Влагой воздуха газообразный Ф. гидролизуетс медленнее, в жидкой фазе гидролиз происходит быстро, в присут. щелочей – моментально. С аммиаком Ф. образует мочевины и NH₄Cl; с аминами, в зависимости от условий, – алкил(арил)замещенные мочевины или изоцианаты (с избытком Ф. при нагр.):



Взаимод. Ф. со спиртами приводит к хлоркарбонатам ClCOOR и карбонатам ROOCOOR; с солями карбоновых к-т – к соответствующим ангидридам; с оксидами металлов (при нагр.) – к галогенидам металлов, напр.: 3COCl₂ + Al₂O₃ → 2AlCl₃ + 3CO₂. При поликонденсации Ф. с двухатомными фенолами образуются поликарбонаты, напр.:



Ф. вступает в р-цию Фриделя–Крафтса, напр. с третичными ароматич. аминами образует катионзамещенные диарилкетоны, используемые в синтезе красителей:



Осн. способ получения Ф.– хлорирование СО на активном угле при 125–150 °С; образуется также при окислении полихлорсодержащих углеводородов.

Для качеств. и количеств. анализа Ф. используют его р-цию с анилином с образованием N,N'-дифенилмочевины CO(NHC₆H₅)₂, т. пл. 235 °С или р-цию с n-фенетидином H₂NC₆H₄OC₂H₅ с образованием N,N'-(4,4'-диэтоксидифенил)мочевины CO(NHC₆H₄OC₂H₅)₂, т. пл. 174 °С.

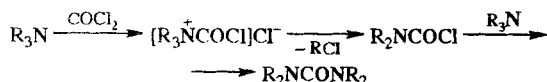
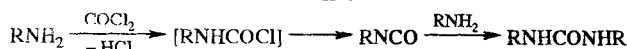
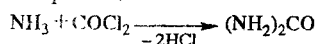
Ф.–важный пром. продукт, применяемый как сырье в произ-ве красителей, поликарбонатов, мочевины и ее производных, изоцианатов, безводных хлоридов металлов, пестицидов, лек. средств, р-рителей. Ф.–отравляющее в-во удушающего действия, использовался в 1-ю мировую войну. Смертельная концентрация 3,2 мг/л при экспозиции 1 мин. Вызывает отек легких, раздражение глаз и слизистых оболочек. Скрытый период действия 2–12 ч. Обладает кумулятивными св-вами. Защита от Ф.–противогаз.

ПДК в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м³.

В. И. Емельянов.

ФОСГЕНИРОВАНИЕ, взаимодействие орг. и неорг. соединений с фосгеном. Осуществляется как в газовой, так и в жидкой фазе.

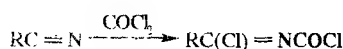
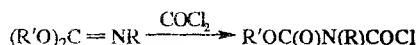
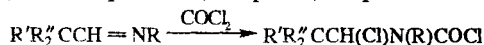
Ф. первичных аминов приводит к изоцианатам, вторичных – к N,N-дизамещенным карбамоилхлоридам (последние м.б. выделены с хорошим выходом), третичных – также к карбамоилхлоридам через промежуточное образование нестабильных катионных комплексов, к-рые при нагревании элиминируют алкилхлорид. При избытке амина во всех случаях образуются замещенные производные мочевины:



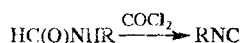
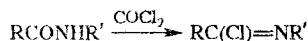
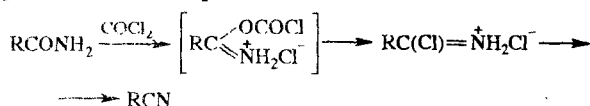
Ф. спиртов и фенолов протекает аналогично р-ции с вторичными аминами с образованием хлорформатов, к-рые при избытке спирта превращаются в соответствующие алкилкарбонаты; р-ция протекает при повышенных т-рах в присут. азотистых оснований:



Фосген присоединяется по кратной связи углерод-азот иминов, имидокарбонатов, нитрилов, напр.:



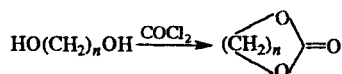
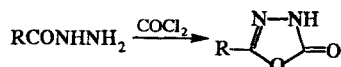
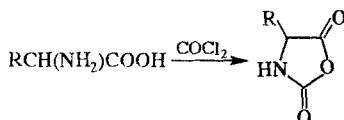
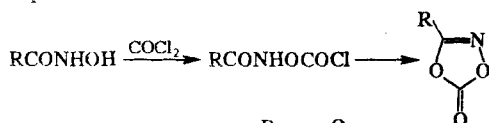
При Ф. амидов карбоновых к-т образуются нитрилы, N-мозамещенных амидов – имидоаналогиды, N-замещенных формамидов – изонитрилы:



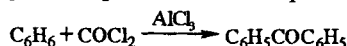
Ф. карбоновых к-т позволяет получать с хорошим выходом хлорангидриды:



С бифункциональными соедин. фосген образует циклич. продукты. Так, гидроксамовые к-ты превращаются в хлорформилпроизводные, к-рые далее циклизуются; α-аминокислоты дают оксазолидин-2,5-дионы (последние используются в пептидном синтезе); гидразиды – 1,3,4-оксадиазолон; диолы – циклич. карбонаты:



С ароматич. соедин. фосген реагирует в условиях р-ции Фриделя–Краффта с образованием бензофенонов, напр.:



Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983, с. 550–56.

Е. Ш. Каган.

ФОСФАЗОСОЕДИНЕНИЯ (иминофосфораны, фосфазены), соедин. общей ф-лы $\text{R}'\text{N}=\text{PR}_2$, где $\text{R}'=\text{H}$, Alk, Ar, Ac, Hal и др., $\text{R}=\text{Alk}$, Ar, Hal, OR", NR" и др.

Ф. подразделяют на группы в зависимости от строения R' [напр., $\text{R}'=\text{R}''\text{SO}_2$ – фосфазосульфоны, $\text{R}'=\text{R}''\text{C}(\text{O})$ – фосфазокарбадилов, $\text{R}'=\text{H}$ – фосфазогидриды]. Полимерные соедин., содержащие в макромолекулах группу $\text{R}_2\text{P}=\text{N}-$, наз. *полифосфазены*, циклич. Ф. общей ф-лы $(-\text{R}_2\text{P}=\text{N}-)_n$ – циклофосфазены (n – обычно 3), Ф. типа $\text{R}'_2\text{C}=\text{N}-\text{N}=\text{PR}_3$ – фосфазины. Назв. Ф. включает назв. радикалов у атомов P и N, к-рые являются префиксами к слову «фосфоран» или используются в сочетании с корнем «фосфазо» [напр., $\text{Ph}_3\text{P}=\text{NCH}_3$ – трифенил(метилимино)фосфоран, трифенилфосфазометан].

Ф. – жидкости или кристаллич. соедин.; многие перегоняются в вакууме и имеют четкие т-ры плавления; раств. в орг. р-рителях. Конфигурация молекул Ф. – тетраэдрическая с атомом P в центре.

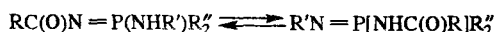
Атому N свойственна преимущественно sp^2 -гибридизация; степень двосвязанности атомов P и N возрастает с увеличением электроотрицательности заместителя у атома N. Дипольные моменты у Ф. от $6,00 \cdot 10^{-30}$ до $3,04 \cdot 10^{-29}$ Кл·м и достигают наиб. высоких значений среди известных орг. соедин. фосфора; направление диполя $\text{P} \rightarrow \text{N}$.

В ИК спектрах полосы поглощения связи $\text{P}=\text{N}$ находятся в области $1150\text{--}1370\text{ см}^{-1}$. В спектрах ЯМР ^{31}P хим. сдвиги от -50 до $+140$ м.д.

Ф. с заместителями (прежде всего, у атома N), обладающими небольшой электроотрицательностью, проявляют основные св-ва: протонируются к-тами и алкилируются алкилгалогенидами по атому N, образуют комплексы с к-тами Льюиса и галогенидами металлов (Cu, Co, Ni, Hg и др.).

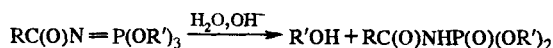
Термич. устойчивость Ф. изменяется в широких пределах. Так, напр., $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{N}=\text{PCl}_2$ разлагается при 0°C , а $\text{CCl}_3\text{C}(\text{O})\text{N}=\text{PCl}_2$ перегоняется без разложения (т. кип. $255\text{--}259^\circ\text{C}$); эфиры $\text{ROC}(\text{O})\text{N}=\text{PR}'_2\text{Hal}$ сравнительно легко отщепляют RHal (для $\text{R}=\text{Alk}$ при $\sim 20^\circ\text{C}$) и образуют изоцианаты $\text{R}_2\text{P}(\text{O})\text{NCO}$.

При повышенных т-рах Ф. типа $\text{R}'\text{N}=\text{PNHR}$ испытывают равновесные превращения по схеме:

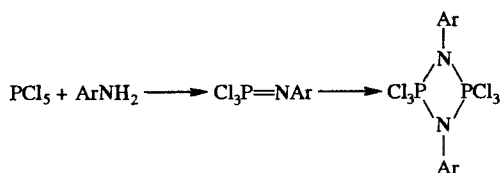


Ф. общих ф-л $\text{R}_2(\text{R}'\text{O})\text{P}=\text{NR}''$ и $\text{R}_2(\text{R}'\text{O})\text{P}=\text{NP}(\text{O})\text{R}'_2$ перегруппировываются соотв. в $\text{OPR}_2\text{NR}'\text{R}''$ и $\text{OP}(\text{R})_2\text{N}=\text{P}(\text{R}')_2\text{OR}'$.

Ф. типа $\text{YN}=\text{PR}_3$ ($\text{Y}=\text{H}$, Alk) гидролизуются уже на воздухе; при $\text{Y}=\text{Ar}$, $\text{R}'\text{C}(\text{O})$, $\text{R}'\text{OC}(\text{O})$ и $\text{R}=\text{Hal}$ – лишь в кислых или щелочных средах, напр.:



Ф. типа $\text{Hal}_3\text{P}=\text{NAr}$ легко димеризуются образуя циклодифосфазаны, напр.:



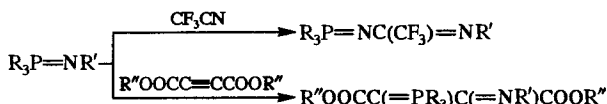
Фосфазогидриды $\text{R}_3\text{P}=\text{NH}$ реагируют с металлоорг. соед. R_nM (M – металл I–III гр. периодич. системы, $n=1-3$) с образованием Ф. типа $\text{R}_3\text{P}=\text{NMR}_{n-1}$; при действии RLi на фосфазоалкилы или фосфазоариллы образуются пентакарбофосфораны R_5P .

Большинство Ф. активно взаимодей. с карбонильными и тиокарбонильными соед., напр.:

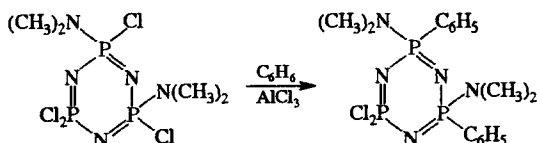


Фосфорильные соед. образуются также в р-циях Ф. с изоцианатами, кетенами, SO_2 и NOCl .

В р-циях Ф. с нитрилами образуются новые типы Ф., а с ацетиленами – алкилиденфосфораны, напр.:

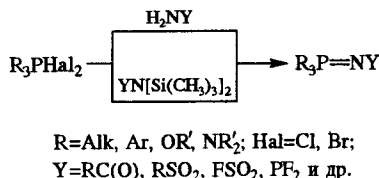


Циклофосфазены легко вступают в р-ции замещения (в т. ч. по Фриделю–Крафтсу), напр.:

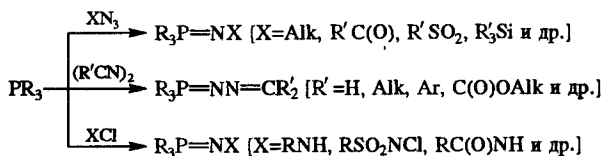


Для получения Ф. наиб. часто используют два способа:

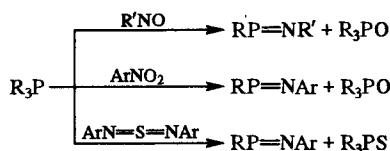
1) Взаимод. дигалогенфосфоранов с амидами разл. к-т (т. наз. фосфазореакция; см. *Кирсанова реакция*) или с арил-либо силиламинами:



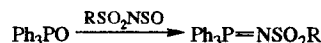
2) Окислит. иминирование соед. трехкоординац. P:



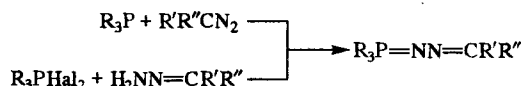
Возможно также применение иминирующих агентов др. структуры и внутримол. окислит. иминирование:



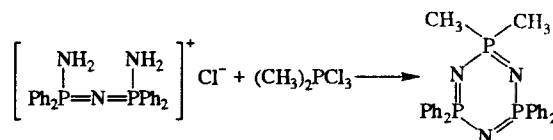
Иногда для получения Ф. используют соед. 4-координац. P – алкилиденфосфораны, фосфиноксиды и фосфинсульфиды, напр.:



Фосфазины получают по схеме:



Циклофосфазены обычно получают взаимодей. линейных Ф., имеющих концевые группы NH_2 , с галогенфосфоранами, напр.:



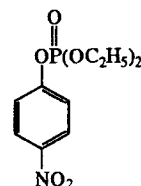
Среди Ф. имеются соед. с инсектицидной активностью, нек-рые Ф. (в частности, содержащие группы $-\text{N}=\text{P}-\text{F}$ и $-\text{N}=\text{POC}_6\text{H}_4\text{NO}_2$) обладают общеядовитым действием по отношению к теплокровным.

Ф. применяют для синтеза полифосфазенов и в препаративной практике (напр., в синтезе нитрилов сложного строения, алкилиденфосфоранов, циклофосфазенов и др.).

Лит.: Фосфазосоединения, К., 1965; Кирсанов А.В., в кн.: Химия и применение фосфорорганических соединений. Труды III конференции, М., 1972, с. 75–88; Олжок Г., Фосфоразотистые соединения, пер. с англ., М., 1976; Корбридж Д., Фосфор, пер. с англ., М., 1982, с. 309–16.

Г. И. Дрозд.

ФОСФАКОЛ (*n*-нитрофениловый эфир диэтилфосфорной к-ты, минтакол, миотизал), мол. м. 275,2; желтоватая маслянистая жидкость; т. кип. 175 °C/133 Па, 150 °C/40 Па; d_{20}^{20} 1,274–1,278, n_D^{20} 1,508–1,510; раств. в этаноле и диэтиловом эфире, хуже – в воде (1:1000). В щелочной среде гидролизует быстро, но при pH 5–6 за 60 суток гидролизу подвергается менее 1% препарата. Ф. получают фосфорилированием *n*-нитрофенола хлорангидридом диэтилового эфира фосфорной к-ты (выход 73%).



Ф. относится к *антихолинэстеразным средствам*. Применяется в качестве миотич. и противоглаузного ср-ва. При побочных эффектах противоядием служит атропин.

Лит.: Organic phosphorus compounds, eds. G. M. Kosolapoff, L. Maier, v. 6, N. Y., 1973, p. 445.

А. И. Боканов.

ФОСФАТАЗЫ, ферменты класса гидролаз, катализирующие гидролиз моноэфиров фосфорной к-ты.

Большое число Ф. представлены неспецифич. ферментами, способными расщеплять разнообразные соед. (моноэфиры фосфорной и тиофосфорной к-т, фосфамиды и полифосфаты). Нек-рые Ф., напр., глюкозо-6-фосфатаза и фруктозо-бисфосфатаза проявляют избират. специфичность к субстрату.

Неспецифич. Ф. в зависимости от pH среды, в к-рой проявляется их макс. ферментативная активность, подразделяют на щелочные (оптимум действия при pH 8–10) и кислые (pH 4–6). Щелочные Ф. обнаружены в тканях животных (слизистая кишечника, плацента, почки, кости и др.), сыворотке крови, молоке, бактериях, грибах, но не в растениях; кислые – в тканях предстательной железы, селезенке, в высш. растениях, бактериях, дрожжах. Различие между двумя группами Ф. наблюдается также при их действии на серосодержащие субстраты: щелочная Ф. гидролизует S-эфиры, а кислая Ф. – O-эфиры тиофосфорной к-ты.

Наиб. хорошо изучена щелочная Ф. кишечной палочки. Известны ее первичная структура и пространственное строе-

ние. Фермент (мол. м. 94 тыс.) состоит из двух одинаковых субъединиц, каждая из к-рых имеет активный центр, но сама по себе неактивна. Активные центры находятся в молекуле фермента друг от друга на расстоянии 3 нм. В каждом активном центре есть три участка связывания ионов двухвалентных металлов: первый связывает Zn^{2+} , второй — Zn^{2+} или (хуже) Mg^{2+} , третий — Mg^{2+} . Гидролиз субстрата включает стадию фосфорилирования остатка серина активного центра с послед. отщеплением фосфата под действием воды, входящей в координац. сферу Zn^{2+} первого центра. Общую скорость р-ции лимитирует выход фосфата из активного центра, ускоримый его взаимод. с ионом металла, находящимся во втором центре. Функционирование Ф. сопровождается конформационными перестройками молекулы, к-рые обуславливают взаимод. активных центров.

Ф-ция Ф. в организме состоит в поддержании концентрации фосфата, необходимого для разл. биохим. процессов, и, возможно, для транспорта фосфата в клетку.

Определение активности кислых и щелочных Ф. имеет важное значение при диагностике нек-рых заболеваний, сопровождающихся изменением их концентрации (напр., увеличение концентрации кислой Ф. при раке простаты и щелочной Ф. при заболеваниях печени и нарушении метаболизма костей).

Лит.: Диксон М., Уэбб Э., Ферменты, пер. с англ., М., 1982; Coleman J., Getting P., «Adv. Enzymol.», 1983, v. 55, p. 381-452; Wysocki H. [a.o.], там же, p. 453-80. С. М. Аваева.

ФОСФАТ-АЦЕТИЛТРАНСФЕРАЗА (ацетил-КоА: ортофосфат ацетилтрансфераза, фосфотрансацилилаза, фосфоацилаза), фермент класса *трансфераз*, катализирующий перенос ацетиловой группы от ацетил-кофермента А (ацетил-КоА; см. *Коферменты*, *Пантотеновая кислота*) к остатку H_3PO_4 :

Ацетил-КоА + Ортофосфат \longrightarrow КоА + Ацетилфосфат

Ф. выделена только из бактериальных источников, получена в кристаллич. состоянии. Ф. играет роль связующего звена между макроэргическими (высокоэнергетическими) связями тиоловых эфиров и макроэргическими фосфатными связями. Ацетиловый остаток в ацетил-КоА м. б. заменен на остаток др. к-ты с короткой углеводной цепью. Такие соед. также проявляют св-ва субстрата по отношению к Ф.

Активность Ф. существенно зависит от концентрации ионов K^+ , NH_4^+ (наибольшая при концентрации 20-80 мМ). Ионы Na^+ и Li^+ не проявляют активирующего эффекта, ферментативная активность Ф. существенно не зависит от двухзарядных ионов. Оптимальный рН среды находится в пределах 7,4-8,2. Ф. способна катализировать также р-цию арсенализации, когда в качестве субстрата вместо ортофосфата вводят арсенат-ионы. В этом случае фосфат-ионы выступают в роли ингибитора р-ции арсенализации.

Ф. используют для определения кофермента А, а также активности ацетил-КоА-зависимых ферментов. Ацетилфосфат, образующийся по катализируемой Ф. р-ции, взаимод. с гидроксисиликоном с образованием гидроксамовой к-ты, к-рую детектируют колориметрически в виде комплекса с $Fe(III)$. Ф. применяют также для получения ацетил-КоА по обратной р-ции.

Лит.: Диксон М., Уэбб Э., Ферменты, пер. с англ., т. 1, М., 1982, с. 44, 315; Lippmann P., «Harvey Lectures», 1949, v. 44, p. 99-123; Stadtmann E., «J. Biol. Chem.», 1952, v. 196, p. 535-46. А. Г. Гавилов.

ФОСФАТИДИЛГЛИЦЕРИНА АМИНОКИСЛОТНЫЕ ЭФИРЫ (липоаминокислоты), производные *фосфатидилглицерина* общей ф-лы $ROCH_2CH(OR')CH_2OR(O)(O^-) - OCH_2CH(OR'')CH_2OR'''$, где R и R' — ацилы жирных к-т; R'' или R''' — ацил аминокислоты (соств. R'' или R' — атом H). Могут составлять значит. долю (до 80% по массе) липидов клеточных стенок или наружных мембран мн. бактерий (гл. обр. грамположительных). Среди липидов животных и растит. тканей встречаются редко и в малых кол-вах (доли %).

В составе Ф. а.э. найдены остатки мн. аминокислот (в большинстве случаев — остатки лизина и аланина), к-рые могут иметь как L- (чаще), так и D-конфигурацию. Обычно аминокислотный остаток занимает положение R'''. Наиб.

вероятная физиол. роль этих липидов в бактериальной мембране — регуляция ее проницаемости для ионов.

Лит.: Macfarlane M. G., в кн.: *Advances Lipid Res.*, N. Y. — L., 1964, v. 2, p. 91-125. Ю. Г. Молотковский.

ФОСФАТИДИЛГЛИЦЕРИНЫ (1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-*sn*-1'-глицерины), соед. общей ф-лы $ROCH_2CH(OR')CH_2OR(O)(O^-)OCH_2CH(OH)CH_2OH$, где R и R' — ацилы жирных к-т. Жирнокислотный состав Ф. соответствует таковому др. *фосфолипидов* из того же источника; из хлоропластов растений выделен Ф. с необычными жирнокислотными остатками и их размещением в молекуле (полиненасыщенный остаток в положении 1) — 1-линоленоил-2-(*транс*-3-гексадеценоил)-*sn*-глицеро-3-фосфо-*sn*-1'-глицерин.

Кристаллич. или воскоподобные в-ва, неустойчивы в виде своб. к-ты. Для Ва-соли дистеароил-*sn*-глицеро-3-фосфо-*sn*-1'-глицерина т. пл. 166 °C, $[\alpha]_D^{25} +9,2^\circ$ (пиридин), для Na-соли 1-олеоил-2-пальмитоил-*sn*-глицеро-3-фосфо-*sn*-1'-глицерина — соотв. 176-179 °C и $+1,02^\circ$ (хлороформ).

Ф. — одни из осн. фосфолипидов растений и водорослей (до 60% по массе от всех фосфолипидов в хлоропластах), а также большинства бактерий (до 70% от всех фосфолипидов); в тканях животных — обычно минорный фосфолипид (содержится в осн. в митохондриях).

Биосинтез Ф. включает ацилирование *sn*-глицеро-3-фосфата действием ацил-кофермента А (фермент — ацилтрансфераза), образующаяся фосфатидовая к-та в р-ции с *sn*-глицеро-3-фосфатом (фермент — фосфатидилглицеринфосфатсинтаза) дает фосфатидилглицеринфосфат (Ф.), фосфорилированный по концевой группе OH остатка глицерина; расщепление последнего специфич. фосфатазой приводит к Ф.

Ф. являются метабол. предшественниками *дифосфатидилглицеринов*, *бис*-(моноацилглицеро)фосфатов и *фосфатидилглицерина аминокислотных эфиров*. Катаболизм Ф. осуществляется фосфолипазами и нек-рыми др. ферментами.

Получают Ф. из прир. источников, полным хим. синтезом, а также полусинтезом — действием на фосфатидилхолин глицерина и фосфолипазы (образуется Ф. с рацемич. остатком глицерина).

Лит.: *Phospholipids*, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst. — N. Y. — Oxf., 1982, p. 215-61; *The lipid handbook*, eds. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, F. B. Padley, L. — N. Y., 1986. Ю. Г. Молотковский.

ФОСФАТИДИЛИНОЗИТ, см. *Фосфоинозитиды*.

ФОСФАТИДИЛСЕРИНЫ (1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфосерины), фосфолипиды общей ф-лы $ROCH_2CH(OR')CH_2OR(O)(O^-)OCH_2CH(NH_3)COO^-$, где R и R' — ацилы насыщенных или ненасыщенных к-т с 16-24 атомами C в цепи.

Ф. — минорные компоненты мембран клеток. Больше всего Ф. содержится в мозге млекопитающих (ок. 15% по массе от общего кол-ва фосфолипидов) и тканях сердца, печени, почек и легких (до 10% от всех фосфолипидов).

Ф. относятся к кислым фосфолипидам. Они выполняют ф-ции регуляторов активности ряда мембраносвязанных ферментов и являются предшественниками *фосфатидилэтаноламинов*.

Осн. путь биосинтеза Ф. включает р-цию цитидиндифосфатидилглицерида с L-серином. Катаболизм осуществляется под действием фосфолипаз.

Получают Ф. обработкой прир. или синтетич. *фосфатидилхолинов* фосфолипазой D в присут. L-серина (р-ция трансфосфатидилирования). Хим. синтез Ф. осуществляется двумя путями: взаимод. фосфатидовых к-т $ROCH_2CH(OR')CH_2OR(O)(OH)_2$ с защищенным серином в присут. конденсирующих агентов (карбодимиды, триэтилолпиперидилсульфенилхлорид) или путем р-ции фосфорилирования 1,2-диацил-*sn*-глицеринов активированными производными защищенного фосфосерина.

Лит.: Овчинников Ю. А., *Биоорганическая химия*, М., 1987, с. 527; Hermetter A. [a.o.], «Chem. Phys. Lipids», 1982, v. 30, № 1, p. 35-45; *Phospholipids*, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst. — N. Y. — Oxf., 1982; *The lipid handbook*, eds. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, F. B. Padley, L. — N. Y., 1986. Г. А. Серебрянникова.

ФОСФАТИДИЛХОЛИНЫ (1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфохолины, лецитины), соед. общей ф-лы $\text{ROCH}_2\text{CH}(\text{OR}')\text{CH}_2\text{OP}(\text{O})(\text{O}')\text{O}(\text{CH}_2)_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$, где R – обычно ацил насыщенной, R' – ненасыщенной к-ты с 16–24 атомами C в цепи (преобладают к-ты C_{16} и C_{18}). Физ.-хим. св-ва нек-рых Ф. приведены в табл.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ
ФОСФАТИДИЛХОЛИНОВ

Соединение	R, R'	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. раз-мт., °C	$[\alpha]_D^{25}$ (р-ритель)
Димиристоилфосфатидилхолин	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{C}(\text{O})$	677,93	236–237	90	+7,0 (хлороформ – этанол)
Дипальмитоилфосфатидилхолин	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{C}(\text{O})$	733,93	235–236	120	+7,0 (хлороформ)
Дистеароилфосфатидилхолин	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{C}(\text{O})$	790,13	230–232	120	+6,1 (хлороформ – метанол)
Диолеилфосфатидилхолин	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{C}(\text{O})$	786,13	—	—	+6,2* (хлороформ – метанол)

* $[\alpha]_D^{25}$

Ф. имеют структуру цвиттер-ионов в широком диапазоне рН. В щелочной среде гидролизуются с образованием к-т и *sn*-глицеро-3-фосфохолина (в общей ф-ле $\text{R} = \text{R}' = \text{H}$).

При диспергировании в водной фазе Ф. образуют везикулы и *липосомы*, к-рые широко используют для моделирования биол. мембран, а также для направленного транспорта разл. биологически активных в-в в организмы животных.

Ф. – осн. липидные компоненты плазматич. мембран клеток и мембран субклеточных органелл (ядра, митохондрий и др.) животных, растений и микроорганизмов. В больших кол-вах Ф. содержатся в сердечной мышце, печени, почках, яичных желтках.

Биосинтез Ф. включает перенос остатка фосфохолина с цитидиндифосфатхолина на 1,2-диацил-*sn*-глицерины или метилирование фосфатидилэтаноламина с помощью *S*-аденозилметионина. Катаболизм Ф. осуществляется под действием фосфолипаз.

Получение Ф. из прир. источников включает экстрагирование липидов, выделение фосфолипидов фракционным осаждением и хроматографирование их на силикагеле. Прир. Ф. – смеси, компоненты к-рых отличаются ацильными остатками. Для разделения их на индивидуальные соед. применяют высокоэффективную жидкостную хроматографию. Синтез Ф. с одинаковыми R и R' включает щелочное деацилирование прир. Ф. и ацилирование *sn*-глицеро-3-фосфохолина ангидридами или имидзолидами жирных к-т. Синтез Ф. с разными R и R' основан на деацилировании Ф. с одинаковыми R и R' фосфолипазой A_2 с послед. ацилированием лизофосфатидилхолина (в общей ф-ле $\text{R}' = \text{H}$). Наиб. распространенный вариант хим. синтеза Ф. включает последоват. обработку 1,2-диацил-*sn*-глицеринов POCl_3 и тозилатом холина.

Близкий по хим. строению к Ф. 1-О-алкил-2-ацетил-*sn*-глицеро-3-фосфохолин [в общей ф-ле R – гексадеканил, октадеканил или 1-октадеценил; $\text{R}' = \text{CH}_3\text{C}(\text{O})$] – фактор активации тромбоцитов (ФАТ), обладает сильной биол. активностью, активирует форменные элементы крови, является медиатором аллергии и воспалит. р-ций у животных и человека, оказывает гипотензивный, иммуностимулирующий эффекты и др. Перспективно создание мед. препаратов на основе аналогов и антагонистов ФАТ.

Ф. применяют в мед., пищ. и парфюмерной пром-сти.

Лит.: Гордеев К. Ю. [и др.], «Биоорганич. химия», 1984, т. 10, № 12, с. 1589–1605; Phospholipids, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst. – N. Y., Oxf., 1982; The lipid handbook, eds. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, F. B. Padley, L. – N. Y., 1986; Serebrennikova G. A., Evstigneeva R. P., «Chem. Rev.», 1988, v. 12, № 4, p. 209–68. Г. А. Серебренникова.

ФОСФАТИДИЛЭТАНОЛАМИНЫ (1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфэтаноламины), соед. общей ф-лы $\text{ROCH}_2\text{CH}(\text{OR}')\text{CH}_2\text{OP}(\text{O})(\text{O}')\text{O}(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$, где R – обычно

ацил насыщенной, а R' – ненасыщенной к-ты с 16–24 атомами C в цепи.

Бесцв. кристаллы. Для димиритоил-, дипальмитоил- и дистеароилфосфатидилэтаноламинов т. пл. соотв. 195–196, 186–187 и 180–182 °C; т. размт. 86, 88 и 83 °C; $[\alpha]_D^{25}$ +6,7, +6,4 и 6,0 °C (хлороформ). При обработке щелочью Ф. гидролизуются с образованием к-т и *sn*-глицеро-3-фосфэтаноламина.

При диспергировании в воде и солевых р-рах при рН ок. 7 Ф. *липосом* не образуют, однако при диспергировании в р-рах с низкой ионной силой, а также при высоких значениях рН формируют бислойные модельные мембраны. Аналогичные структуры они образуют в смеси с фосфатидилхолинами.

Ф. содержатся во всех органах животных. В значит. кол-вах обнаружены в головном мозге, в плазме крови, печени и почках. Ф. и N-ацил-Ф. найдены и в разл. видах морских организмов, в т. ч. у рыб; являются одними из осн. представителей липидов бактерий.

Биосинтез Ф. осуществляется путем переноса остатка фосфэтаноламина с цитидиндифосфэтаноламина на 1,2-диацил-*sn*-глицерины. Минорный путь – декарбоксилирование фосфатидилсерина ферментами фосфатидилсериндекарбоксилазами. Катаболизм Ф. осуществляется под действием фосфолипаз. Ф. – предшественники фосфатидилхолинов.

Получение Ф. из прир. источников включает процессы экстрагирования липидов и послед. хроматографирование. Разделение на индивидуальные Ф. достигается с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Получают Ф. также из фосфатидилхолинов с помощью р-ции трансфосфатидилирования, катализируемой фосфатазой, в присут. этаноламина. Синтез Ф. с $\text{R} = \text{R}'$ из прир. Ф. включает получение N-триглицеро-Ф., их деацилирование, реацилирование активированными производными жирных к-т с послед. удалением N-триглицеро-Ф. групп.

Хим. синтез Ф. основан на фосфорилировании 1,2-диацил-*sn*-глицеринов разл. активированными производными N-защитного фосфэтаноламина или на взаимод. фосфатидовых к-т с N-защитным этаноламином в присут. активирующих агентов.

Лит.: Химия липидов, М., 1983; Phospholipids, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst. – N. Y., Oxf., 1982; Hermetter A. [a. o.], «Chem. Phys. Lipids», 1983, v. 32, № 2, p. 145–52; The lipid handbook, eds. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, F. B. Padley, L. – N. Y., 1986. Г. А. Серебренникова.

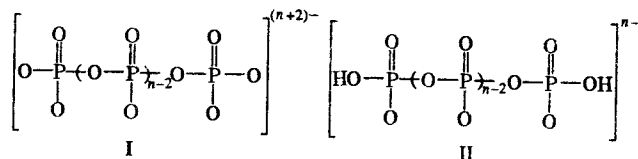
ФОСФАТИДОВЫЕ КИСЛОТЫ, диацильные производные глицеро-3-фосфорной к-ты общей ф-лы $\text{ROCH}_2\text{CH}(\text{OR}')\text{CH}_2\text{OP}(\text{O})(\text{OH})_2$, где R и R' – остатки насыщенных или ненасыщенных жирных к-т. Воскоподобные в-ва. В значит. кол-вах содержатся в тканях животных, растениях и микроорганизмах. Являются промежут. продуктами биосинтеза фосфоглицеридов; образуются этерификацией *sn*-глицеро-3-фосфата или дигидроксиацетонфосфата ацил-коферментом А. Получают расщеплением фосфатидилхолинов или др. фосфоглицеридов фосфолипазой либо синтетически.

Лит.: Химия липидов, М., 1983; Phospholipids, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst. – N. Y., Oxf., 1982; The lipid handbook, eds. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, F. B. Padley, L. – N. Y., 1986. Э. В. Дятловская.

ФОСФАТЫ КОНДЕНСИРОВАННЫЕ, соли конденсированных фосфорных к-т (см. *Фосфора кислоты*, *Фосфаты неорганические*), в к-рых степень окисления фосфора +5. Подобно к-там образуют гомологию. ряды с цепочечным, циклич. и разветвленным строением аниона. Построены из тетраэдров PO_4 , связанных общими кислородными вершинами. Получены в аморфном, стеклообразном и кристаллич. виде. Способность к кристаллизации меняется в зависимости от мол. м. аниона. Так, в ряду цепочечных фосфатов (Ф.) $\text{Na}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ моно- ($n = 1$) и дифосфат ($n = 2$) кристаллизуются легко и аморфное состояние для них нехарактерно; трифосфат ($n = 3$) м. б. получен в кристаллич., высоковязком и стеклообразном состояниях, средние члены ряда не кристаллизуются, а высокомолекулярные соед. образуют неск. кристаллич. модификаций. Такая закономерность объясняется на основе теории перестройки цепей Ван Везера: при больших n разница между

св-вами цепей разл. длины нивелируется и фосфатные смеси ведут себя подобно индивидуальным солям с $n = 1-3$, способным кристаллизоваться.

Цепочечные Ф. (полифосфаты). Анионы полифосфатов построены в виде цепей:



При $n > 3$ цепь содержит две концевые и переменное кол-во срединных групп PO_4 , ф-ла $(\text{P}_n\text{O}_{3n+1})^{(n+2)-}$ (I) соответствует коротким цепям, ф-ла $(\text{H}_2\text{P}_n\text{O}_{3n+1})^{n-}$ (II) – длинным цепям ($n \rightarrow \infty$), на концах к-рых имеются группы OH. Условно ряд делят на 3 группы: олигофосфаты ($n < 30-35$), к-рые м. б. разделены методом ионообменной хроматографии и отделены от соед. Р в степенях окисления от +1 до +4, при малых n кристаллизуются; среднемол. Ф. ($30-35 < n < 100-200$) – некристаллизующиеся смеси, м. б. разделены на фракции, к-рые характеризуются средней длиной цепи m , средней мол. массой, видом ф-ции ММР анионов; высокомогл. Ф. ($n > 10^2-10^3$) образуют аналогичные фракции, нек-рые кристаллизуются. Индивидуальные Ф. обозначают P_n , смесевые фракции – P_m . Известно не менее 6 типов цепочек анионов высокомогл. срединных Ф. (MPO_3) $_{\infty}$ (рис. 1, а–е). В солях Rb и Cs (а), Li (низкотемпературная форма) и K (б) двучленные цепи содержат повторяющуюся структурную единицу, состоящую из двух тетраэдров PO_4 . Цепи анионов соли Na и высокотемпературной соли Мадделла (в, см. Натрия фосфаты) являются трехчленными, а солей Rb и Ca (г) – четырехчленными. У серебряной и натриевой соли Курроля-А (д) и натриевой соли Курроля-В (е) цепи завиваются в спираль по-разному.

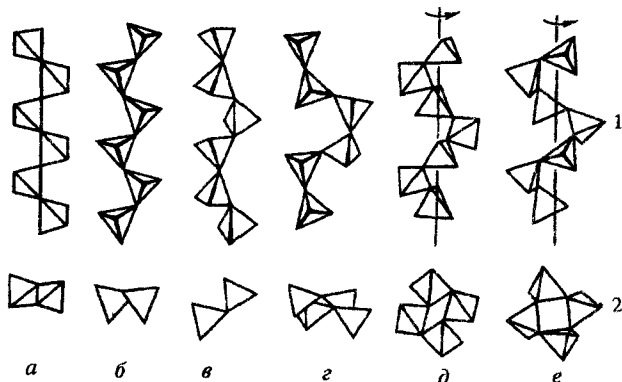
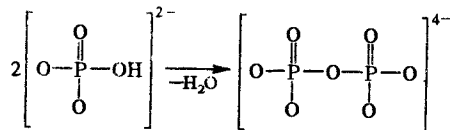


Рис. 1. Типы цепочек высокомолекулярных кристаллич. фосфатов в проекции перпендикулярно (1) и параллельно (2) оси цепочки: а – полифосфат Rb; б – Li и K; в – Na и высокотемпературная соль Мадделла; г – Rb и Ca; д – серебряная и натриевая соли Курроля-А; е – натриевая соль Курроля В.

При плавлении, переходе в аморфное состояние, образования вязкой массы индивидуальные полифосфаты превращаются в смесевые фракции ($\text{P}_n \rightarrow \text{P}_m$). В воде раств. лишь полифосфаты щелочных металлов. В водных р-рах фосфаты P_n и P_m нестабильны и разлагаются до ортофосфатов, р-ция ускоряется при нагр., понижении pH, добавлении ферментов и комплексообразователей. Полифосфаты – типичные полиэлектrolиты, с ионами металлов образуют раств. в воде комплексы, Ф. с длинными цепями коагулируют белок.

Получают цепочечные Ф. дегидратацией кислых ортофосфатов при определенных режимах нагревания и охлаждения. Применяют в произ-ве фосфатных стекол, моющих ср-в, как пептизирующие и флокулирующие реактивы, ионообменные смолы и др.

Ф. с $n = 2$ (дифосфаты, пирофосфаты) – соли пирофосфорной к-ты $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Эти соед. принято включать в ряд конденсированных Ф. условно, т. к. их анион $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ не содержит срединной группы PO_4 ; по св-вам заметно отличаются от Ф. с $n > 2$. Обычно пирофосфаты получают твердофазной конденсацией гидрофосфатов:



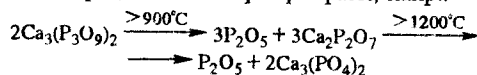
Ф. с $n = 3$ (трифосфаты) способны удерживать в р-е ионы тяжелых металлов, стабилизировать коллоидные системы, усиливать действие моющих ср-в и др. Триполифосфат натрия $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ – промежут. продукт в синтезе моющих средств; гексагидрат образует кристаллы. Плавление, высаливание из р-ра, мех. активация и др. виды обработки, вызывающие переход $\text{P}_n \rightarrow \text{P}_m$, приводят к изменению во времени ф-ции ММР.

Ф. с $n = 4$ (тетрафосфаты). Хорошо изучен тетрафосфат $\text{Na}_4\text{H}_2\text{P}_4\text{O}_{13}$; он не кристаллизуется из водного р-ра, при упаривании р-ра образует вязкую массу. Получены немногие кристаллич. соли – раств. в воде тетрафосфаты аммония, гуанидина, акридина, не раств. в воде соли Ba, Bi, Pb(II).

Ф. с $5 \leq n < 30-35$. Разделяются методами хроматографии и электрофореза, нек-рые низшие соли получены препаративно. Известны кристаллич. модификации. Так, высокомогл. Ф. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_8(\text{P}_6\text{O}_{19})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

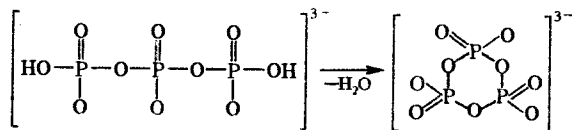
Ф. с $n > 30-35$. По мере увеличения $n(m)$ и уменьшения величины $R = \text{M}_1^{10} : \text{P}_2\text{O}_5 = \text{M}^1 : \text{P}$ ($1 \leq R \leq 3$) фосфатные смеси обогащаются вышш. компонентами, нек-рые из них образуют по неск. кристаллич. модификаций. Так, высокомогл. Ф. аммония образует до 5 кристаллич. форм. В пром-сти выпускают стеклообразные Ф. натрия («гексаметафосфат», «калгон»), используемые как умягчители воды, компоненты моющих ср-в и буровых р-ров.

Циклические Ф. (метафосфаты). Эти соед. – соли метафосфорных к-т $(\text{HPO}_3)_x$, где $x \geq 3$. Содержат циклич. анион $(\text{PO}_3)_x^{x-}$. Неустойчивые анионы PO_3^{1-} ($x = 1$) м. б. стабилизированы в результате присоединения орг. радикалов, они образуются в нек-рых высокотемпературных процессах и р-циях фосфорилирования. Низшие члены гомологич. ряда циклофосфатов P_x имеют состав $\text{M}_x^1\text{P}_x\text{O}_{3x}$ ($3 \leq x < 12-15$), их отделяют друг от друга и от полифосфатов методами хроматографии и электрофореза. Метафосфаты – кристаллич. или стеклообразные соед., при прокаливании отщепляют P_2O_5 и переходят в пиро-, а затем в ортофосфаты, напр.:



Метафосфаты щелочных металлов и аммония хорошо раств. в воде, соли Ca, Al, Cu – плохо. В нейтральных водных р-рах при 25 °С стабильны, в щелочных р-рах быстро разлагаются из-за замыкания цикла. Получают метафосфаты из ортофосфатов при нагр. или взаимод. P_2O_5 с карбонатами металлов.

Ф. с $x = 3$ (трициклофосфаты). Образование тримера можно представить как замыкание цепочки дигидротрифосфата в кольцо P_3 :



В присут. уксусного ангидрида процессы циклизации – дециклизации протекают обратимо: $\text{P}_{n=3} \rightleftharpoons \text{P}_{x=3}$. Средняя длина связи $\text{P}-\text{O}$ в кольце для $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$ 0,1615 нм, вне

кольца — 0,1484 нм, углы ОРО и РОР в кольце равны соотв. 101,1 и 126,9°.

Ф. с $x=4$ (тетрациклофосфаты). Кольцо P_4 может принимать конформации типа «кресла» и «ванны». Для солей Na и аммония длина связи P—O в кольце 0,147–0,165 нм, угол ОРО 101–124°, РОР 130–131°. Конфигурации кольца P_4 разл. Ф. представлены на рис. 2.

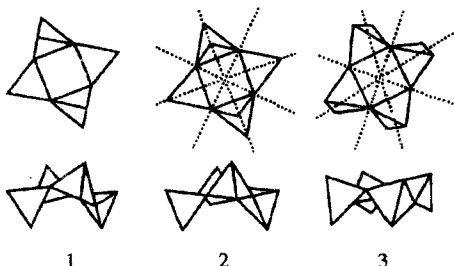


Рис. 2. Конфигурация тетрациклофосфатного кольца: 1 — $Al_4(P_4O_{12})_3$; 2 — $Cu_2P_4O_{12}$; 3 — $Mg_2P_4O_{12}$.

Ф. с $5 \leq x \leq 12-15$. Известны пента-, гекса-, гепта- и октациклофосфаты щелочных металлов и их кристаллогидраты — $Na_5P_5O_{15} \cdot 4H_2O$, $M_5P_5O_{18} \cdot 6H_2O$, где $M=Li, Na$, $M_5P_8O_{24} \cdot 6H_2O$, где $M=Na, K$. Термич. св-ва кристаллич. $Na_6P_6O_{18} \cdot 6H_2O$ и $Na_3P_3O_9 \cdot 6H_2O$ сходны — при нагревании превращаются в безводные соли без разрыва кольца.

Вопрос о существовании макроциклов с $x=12-15$ не решен. Состав высокомолекулярных цепочечных и циклич. Ф. практически не различим. Методом рентгеноструктурного анализа обнаружен циклич. анион $P_{12}O_{36}^{12-}$ в семействе метафосфатов Al, Fe, Cr, V, Ga.

Ультрафосфаты (изополифосфаты, изометафосфаты). Имеют разветвленное строение анионов ($0 < R < 1$), в к-рых по крайней мере неск. тетраэдров PO_4 имеют три общих вершинных атома О. При уменьшении R , начиная с $R=1$, число точек разветвления увеличивается и сравнительно простые комбинации цепей и колец или разветвленных цепей, встречающиеся у изомеров низших P_n и P_n , сменяются более сложными вплоть до образования характерной для P_2O_5 плотной сегчатой структуры. Вследствие существования трехсвязанных тетраэдров PO_4 (точек разветвления) ультрафосфаты неустойчивы. В противоположность Ф., содержащим только двухсвязанные тетраэдры, при контакте с влагой быстро разлагаются по точкам разветвления с образованием поли- и метафосфатов. Плохо раств. в воде.

Известны стеклообразные ультрафосфаты, а также кристаллич. состава $M^{III}P_3O_{14}$, где $M=PЗЭ$ и Bi и $M_2^{II}P_6O_{17}$ и $M^{II}P_4O_{11}$, где $M=Ca, Co, Mn, Cd, UO_2^{2+}$. Структуры типа ультрафосфатов встречаются в стеклах, расплавах, вязких и аморфных в-вах, образующихся при взаимодействии P_2O_5 с H_2O , фосфатами, солями и оксидами металлов при соотношении $0 \leq R \leq 1$. Кристаллич. ультрафосфаты — лазерные материалы с низким порогом возбуждения.

Лит.: Ван Везер Дж., Фосфорного соединения, пер. с англ., М., 1962, с. 462–548; Продан Е.А., Продан Л.И., Ермоленко Н.Ф., Триполифосфаты и их применение, Минск, 1969, с. 5–49, 160–238; Кузьменков М.И., Печковский В.В., Плывшевский С.В., Химия и технология метафосфатов, Минск, 1985, с. 25–64; Продан Е.А., Топохимия кристаллов, Минск, 1990, с. 169–88.

Е.А. Продан.

ФОСФАТЫ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ, соли кислородных к-т фосфора в степени окисления +5 (см. *Фосфорные кислоты*). Существуют ортофосфаты — соли ортофосфорной к-ты H_3PO_4 и фосфаты конденсированные — соли полифосфорных к-т. Различают средние, кислые и основные фосфаты, разнокаатионные (двойные и тройные соли) и разноанионные (смешанные соли), оксифосфаты, а также разл. неорг. производные (напр., тиофосфаты). Анионы Ф. н. построены из тетраэдров PO_4 с атомами О в вершинах. Ортофосфаты состоят из изолирован-

ных тетраэдров, в конденсированных Ф. н. тетраэдры связаны в кольца или цепочки через общие вершины.

Кислые Ф. н. образуются в результате частичной нейтрализации H_3PO_4 или полифосфорных к-т основаниями. При полной нейтрализации гидроксидами одного или неск. металлов получают средние Ф. н. — соотв. одного металла или двойные Ф. н. Смешанные соли образуются при нейтрализации смеси к-т, напр. ди- и трифосфорных, одним гидроксидом (ординарные разноанионные Ф. н.) или неск. гидроксидами (разнокаатионно-разноанионные Ф. н.). Нейтрализующим агентом служит и NH_3 . Конденсированные Ф. н. получают также термич. обработкой кислых Ф. н., смесей Ф. н. При этом состав исходного продукта (в пересчете на оксиды) $R=M_1^I O:P_2O_5=(M_1^I O+H_2O):P_2O_5=M^{II} O:P_2O_5$ должен отвечать составу синтезируемого соединения ($0 < R \leq 3$). В области значений $3 < R \leq 8$ получают оксифосфаты. Характеристики нек-рых Ф. н. приведены в таблице.

Ортофосфаты встречаются в природе в виде минералов (известно ок. 190), важнейшие из них — апатит и фосфориты (см. также *Фосфор*).

Средние Ф. н. Общие св-ва безводных солей — стабильность при нагревании до т-ры плавления. Ортофосфаты $M_3(PO_4)_2$ плавятся при 1375 (M=Mg), 1777 (Ca), 1600 (Sr), 1605 (Ba), 1152 (Mn), 1345 (Ni), 1060 (Zn), 1014 °C (Pb), дифосфаты $M_2P_2O_7$ — при 1382 (Mg), 1355 (Ca), 1375 (Sr), 1430 (Ba), 1195 (Mn), 1400 (Ni), 1020 (Zn), 830 °C (Pb). Исключение составляют неустойчивые Ф. н. (с катионами NH_4^+ , Hg^{2+}), напр. $Hg_3(PO_4)_2$, из к-рого часть ртути улетучивается ниже т-ры плавления. В противоположность ортофосфатам конденсированные Ф. н. P_n при плавлении превращаются в фосфатные смеси P_m .

Кристаллогидраты мн. ортофосфатов и нек-рых конденсированных Ф. н. при нагревании теряют кристаллизационную воду ступенчато без изменения состава аниона. На этом св-ве основан топохим. способ синтеза безводных солей, к-рые не удается получить др. способами. Так, топохим. путем из $(NH_4)_3P_3O_{10} \cdot xH_2O$, где $x=1, 2$, в среде газообразного NH_3 получен кристаллич. $(NH_4)_3P_3O_{10}$. Средние Ф. н. металлов в высоких степенях окисления не раств. в воде, щелочных металлов и аммония — раств., их водные р-ры имеют $pH > 7$. Анионы конденсированных Ф. н. не стабильны в водных р-рах, они последовательно превращаются в анионы низших Ф. н.

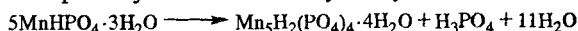
Кислые и основные Ф. н. Р-имость в воде кислых и основных Ф. н. выше, чем у средних, в р-р переходят даже нек-рые соли металлов в высоких степенях окисления. Благодаря этому св-ву кислые Ф. н. используют в качестве удобрений. При $pH < 7$ сложные анионы быстрее разлагаются до простых (по сравнению с $pH > 7$). При нагревании в результате конденсации кислые соли меняют анионный состав ниже т-ры плавления, благодаря чему они служат исходными соед. для получения мн. конденсированных Ф. н.

Помимо гидро- и дигидроортофосфатов щелочных металлов известны кристаллич. кислые ортофосфаты: $M^{III}HPO_4$, где $M=Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Zn, Cd, Sn, Pb, Hg$, их кристаллогидраты с одной молекулой воды ($M=Be, Mg, Cu, Zn$), двумя (Ca, Co, Ni), тремя (Mg, Mn, Zn) и семью (Mg); $M^{II}(H_2PO_4)_2$, где $M=Mg, Sr, Ba, Cu, Cd, Sn, Pb$, их кристаллогидраты с одной молекулой воды ($M=Ca, Sr$), двумя (Mg, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Cd) и четырьмя (Mg); содержащие неск. анионных форм: $Co(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2PO_4$, $NaH_2PO_4 \cdot NaHPO_4$ (используется при получении триполифосфата Na). Получены дигидродифосфаты $M_2H_2P_2O_7$, где $M=Ca, Sn, Ba, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Pb$; кислые трифосфаты $M_3H_2P_3O_{10} \cdot 1,5H_2O$, где $M=Na, Rb$; $M_2H_2P_3O_{10}$, где $M=Ca, Pb$; $M^{III}H_2P_3O_{10}$, где $M=Al, Cr, Fe$, а также их моно-, ди- и тригидраты.

Кристаллич. тригидрофосфат $K_2H_3P_3O_{10} \cdot 2H_2O$ отличается от гидро- и дигидрофосфатов способностью менять консистенцию при мех. активации и превращаться в пластилиноподобную массу. Эффект связан с диспропорционированием, к-рое в кислых солях разл. металлов проявляется по-разному. При выдерживании кристаллов $MnHPO_4 \cdot 3H_2O$ во влажной

Соединение	R	Сингония, пространственная группа	Параметры решетки						Плотн., г/см ³	
			a, нм	b, мм	c, нм	α, град	β, град	γ, град	z	рентгеновская
Средние соли										
Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	3	Тригон., P3c1	1,202	—	1,266	—	—	—	—	1,62
Zn ₃ (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O (голеит)	3	Ромбич.	1,0629	1,8339	0,5040	—	—	—	4	3,096
Zn ₃ (P ₂ O ₇) ₂ ·17H ₂ O	5/3	Триклинная	1,0766	1,0316	0,8525	111,39	115,08	70,19	1	—
Ca ₃ P ₂ O ₇ (трюмелит)	4/3	То же	0,940	1,339	0,707	109,5	87,9	108,9	2	2,86
Mg ₂ P ₂ O ₇ ·I	1	Моноклинные, C2/c	1,1756	0,8285	0,9917	—	118,96	—	4	2,865
β-[Cd(PO ₃) ₂] _n ·H ₂ O	1	Орторомбич., P2 ₁ 2 ₁ 2 ₁	0,7428	0,7360	0,8577	—	—	—	4	3,83
Ba ₂ P ₂ O ₇	2/3	Моноклинные, P2 ₁	0,7387	1,3311	0,7418	—	105,56	—	2	—
Mn ₂ P ₂ O ₇	1/2	P2 ₁ /n	0,8608	0,8597	1,2464	—	—	97,30	4	2,62
Кислые и основные соли										
Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O	3	Ромбич., P222	1,034	1,364	1,698	—	—	—	—	2,066
MnHPO ₄ ·3H ₂ O	3	Pbca	1,0434	1,0882	1,0219	—	—	—	—	—
Sn ₂ PO ₄ (OH)	—	P2 ₁ /n	0,7176	0,7051	1,0453	—	103,96	—	4	—
Zn ₂ HP ₃ O ₁₀ ·6H ₂ O	5/3	Триклинная	1,0714	1,0658	0,8391	114,51	103,21	74,31	2	—
Pb ₂ HP ₃ O ₁₀	5/3	Ст	0,693	1,434	0,597	—	135,1	—	2	5,32
Разнокаатионные фосфаты										
KZn ₂ H(PO ₄) ₂ ·2,5H ₂ O	3	P1	0,9109	1,3543	0,8814	102,21	113,35	95,92	4	—
Mn ₂ Zn(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O	3	Орторомбич.	1,0647	1,8503	0,5066	—	—	—	—	—
Li ₂ BaP ₂ O ₇	2	Стст	0,7078	1,2164	1,3856	—	—	—	8	3,62
NH ₄ BeP ₂ O ₇	5/3	Моноклинные C2/c	1,2200	0,8645	0,8937	—	117,40	—	4	—
NH ₄ Zn ₂ P ₂ O ₇ ·7H ₂ O	5/3	—	1,073	0,8474	1,0725	65,03	105,94	102,90	2	2,08
Na ₂ Mg ₂ P ₂ O ₇	7/5	Моноклинные P2 ₁ a	1,8617	0,6844	0,5174	—	90,25	—	—	2,14
NiZn ₂ P ₂ O ₇	1	C2/c	1,1689	0,8277	0,9870	—	118,55	—	4	—
Ba ₂ Zn ₂ P ₂ O ₇	1	P2 ₁ /n	2,1738	0,5356	1,0748	—	99,65	—	—	—
[K ₂ Pb(PO ₃) ₄] _n ·H ₂ O	1	Орторомбич., Pbca	1,5467	1,5417	0,9227	—	—	—	8	3,63
Разноанионные фосфаты										
K ₂ Ni ₂ (PO ₄) ₂ (P ₂ O ₇)	3/2	Моноклинные	1,820	1,365	1,031	—	103,1	—	8	3,61
NH ₄ Cd ₂ (P ₂ O ₇) ₂ (P ₃ O ₁₀)	2,5/3	—	0,6785	0,5494	2,7199	—	—	107,28	—	4,30
BaP ₂ O ₇ ·B ₂ O ₃	—	Гексагон.	0,7111	—	1,3977	—	—	—	—	—
Оксифосфаты										
Sr ₄ P ₂ O ₉	4	Орторомбич., P222 ₁	1,257	0,979	0,738	—	—	—	—	—
Ba ₁₀ O(PO ₄) ₆	10/3	—	1,015	—	0,770	—	—	—	—	—
Fe ₃ O ₈ (PO ₄) ₂	—	Орторомбич., Bmm	0,5949	0,3064	2,5694	—	—	—	2	5,14
Pb ₈ P ₂ O ₁₃	8	C2/m	1,0641	1,0206	1,4342	—	98,34	—	4	8,306

среде в их объеме возникают и растут жидкие и твердые включения продуктов распада исходной кислой соли на менее протонированную соль и свободную к-ту:



Известны прир. основные соли — минералы гидроксипатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, вавеллит $\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, бирюза $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Синтезированы основные Ф. н. типа $\text{Co}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$, $\text{Cu}_2\text{PO}_4(\text{OH})$, $\text{In}_2\text{P}_3\text{O}_{10}(\text{OH}) \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.

Разнокаатионные Ф. н. Содержат различные катионы металлов и аммония, напр.: $\text{KZn}_2\text{H}(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, где $x = 0, 2, 5$, $\text{Na}_2\text{UO}_2\text{HP}_3\text{O}_{10}$, $\text{NaPrHP}_3\text{O}_{10} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}[\text{GePO}_4(\text{HPO}_4)]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, а также основные Ф. н. — минералы кридаллит $\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$, миллитит $(\text{Na}, \text{K})\text{CaAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Встречаются в природе в виде продуктов взаимод. анионов фосфорных удобрений и катионов почвенного поглощающего комплекса. При плавлении нейтральных конденсированных Ф. н. образуются смеси, ММР анионов к-рых зависит не только от R, но и от соотношения между разноименными катионами. Ортофосфаты M^1HPbO_4 плавятся при 921 (M=Li), 1117 (Na), 885 °C (Ag); дифосфаты $\text{M}_2^1\text{CuP}_2\text{O}_7$ — при 773 (Li), 648 (Na), 680 °C (K); циклотрифосфаты $\text{M}^1\text{Mn}(\text{PO}_3)_3$ — при 735 (Li), 800 (Na), 680 °C (Ag). Одна из особенностей Ф. н. этого типа — многообразие изоструктурных рядов с разл. комбинациями разноименных катионов.

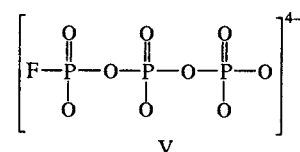
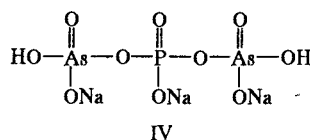
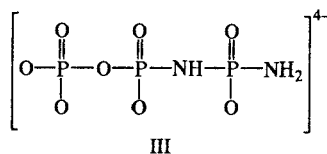
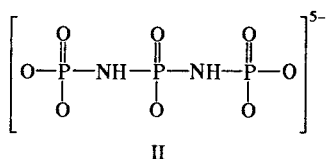
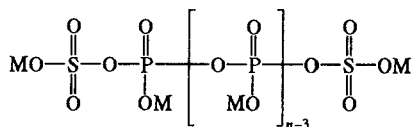
Синтез полифосфатов $\text{P}_{n \geq 3}$ из p-ров солей разноименных катионов имеет специфику, связанную с возникновением вязких фаз, в к-рых происходит быстрая деструкция аниона. Для получения кристаллогидратов эффективен способ подбора скорости кристаллизации, превышающей скорость деструкции. Т. обр. синтезированы кристаллич. $\text{NH}_4\text{Mg}_2\text{P}_3\text{O}_{10} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_4\text{Mn}_2\text{P}_3\text{O}_{10} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, отличающиеся по св-вам от известных аморфных соотв. гепта- и гексагидратов.

Применяют топокхим. синтез, основанный на дегидратации кристаллогидратов, взаимод. безводных солей с парами воды, кислых солей с газообразным NH_3 . Аммонизацией предварительно активированного $\text{KZn}_2\text{H}(\text{PO}_4)_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ получена тройная соль $\text{KZn}_2\text{NH}_4(\text{PO}_4)_2 \cdot 0,6\text{H}_2\text{O}$. Безводные двойные и тройные соли обычно получают кристаллизацией из расплава или термич. обработкой соответствующих смесей. Так, перечисленными способами синтезированы M^1MgPO_4 , где M = Li, Na, NH₄; $\text{M}^1\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, где M = K, Rb, Cs, Tl, NH₄; $\text{M}_2^1\text{Cu}(\text{PO}_3)_4$, где M = Na, K, Cs, Ag; $\text{M}^1\text{Ba}_2(\text{PO}_3)_5$, где M = Li, Cs, Na₃Mg₂P₅O₁₆ и др.

Разноанионные Ф. н. (смешанные соли). Разноименными м. б. анионы к-т фосфора (напр., PO_4^{3-} и $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$, $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ и $\text{P}_4\text{O}_{12}^{6-}$), включая соед. P в низших степенях окисления (анионы изомеров $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$), и др. к-т (PO_3^{2-} и SO_4^{2-} , PO_4^{3-} и Cl^-). Соли типа $\text{Rh}_4(\text{HPO}_4)(\text{PO}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_{12}$ с анионами разл. степени протонизации относят к кислым Ф. н., в к-рых вследствие диспропорционирования возможно сосуществование неск. анионных форм. Кристаллич. соль $\text{NH}_4\text{Cd}_6(\text{P}_2\text{O}_7)_2(\text{P}_3\text{O}_{10})$ получена гидротермальным синтезом; $\text{KSr}_3(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)_2$ — при нагр. смеси Ф. н. и сульфата. Известны $\text{Ba}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{X}_2$, где X = F, Cl; $\text{Ca}_6\text{M}^1(\text{PO}_4)_2(\text{SiO}_4)_4\text{F}_2$, где M = La, Nd и др.

Оксифосфаты ($3 < R \leq 8$). Для этих соед. $\text{M}^1\text{O}:\text{P}_2\text{O}_5 = 10:3, 4:1, 5:1, 8:1$. Получают их взаимод. твердых или расплавленных компонентов при заданном значении R. Соли типа $4\text{M}^1\text{O} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$, или $\text{M}_4^1\text{P}_2\text{O}_9$, где M = Ca, Sr, Ba, образуют изоструктурный ряд с соед. $4\text{M}^1\text{O} \cdot \text{V}_2\text{O}_5$ и $4\text{M}^1\text{O} \cdot \text{As}_2\text{O}_5$. В оксифосфате $\text{Cu}_4\text{P}_2\text{O}_9$ структурный каркас образован параллельно ориентированными слоями атомов Cu и O, между к-рыми расположены атомы P. Оксифосфаты высокоплавки, напр. $\text{Sr}_4\text{P}_2\text{O}_9$ плавится при 1600 °C, $\text{Cu}_5\text{O}_2(\text{PO}_4)_2$ — при 920 °C. В системе $\text{K}_3\text{PO}_4\text{—MgO}$ выделен $\text{K}_6\text{MgP}_2\text{O}_9$, или $2\text{K}_3\text{PO}_4 \cdot \text{MgO}$, с т. пл. 1570 °C.

Неорганические производные Ф.н. Замещением в конденсированных Ф.н. концевых атомов О атомами S получают тиофосфаты, напр. моноиотрициклофосфат $\text{Na}_2\text{P}_3\text{O}_8\text{S} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, тетраиотетрациклофосфаты $\text{M}_2\text{P}_4\text{O}_8\text{S}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, где $\text{M} = \text{Sr}, \text{Ba}$, а присоединением групп SO_3 к концам цепи – сульфатофосфаты ф-лы I, где $\text{M} = \text{Na}$, $n = 3-25$. При замене мостиковых и концевых атомов О ионов $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ соотв. и имидогруппами образуются ионы диимидо- (II) и амидоимидотрифосфаты (III). Известны силикато-, хромото-, ванадато- и арсенатофосфаты типа $\text{Na}_3\text{H}_2(\text{P}, \text{As})_3\text{O}_{10}$ (IV) и др. Фторотрифосфат-ион (V) благодаря смещению положит. заряда рециклизуется при $\text{pH} > 7$ с образованием трициклофосфат-иона.



О применении Ф.н. см. *Алюминия фосфаты, Аммония фосфаты, Железа фосфаты, Калия фосфаты, Натрия фосфаты, Фосфорные удобрения* и др. Об эфирах фосфорных к-т см. *Фосфаты органические*.

Лит.: Самусевич В.В. [и др.], *Изв. АН БССР. Сер. хим. наук*, 1984, № 1, с. 47-51; № 2, с. 41-46; Прохан Е.А., *Неорганическая топочимия*, Минск, 1986, с. 52-72; Констант З.А., Диндуне А.П., *Фосфаты двухвалентных металлов*, Рига, 1987; Щегров Л.Н., *Фосфаты двухвалентных металлов*, К., 1987; Mellor J., *Comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry*, v. 8, suppl. III, N. Y., 1972, p. 1467.

Е. А. Прохан.

ФОСФАТЫ ОРГАНИЧЕСКИЕ, эфиры фосфорной к-ты общей ф-лы $(\text{RO})_n\text{P}(\text{O})(\text{OH})_{3-n}$, где R – орг. радикал, $n = 1-3$. Различают полные ($n = 3$; средние, или третичные Ф.о.) и кислые Ф.о. ($n = 1, 2$, соотв. первичные и вторичные Ф.о.).

Назв. Ф.о. включает назв. орг. радикала (радикалов) в алкоксильной группе, к-рые являются префиксами к слову «фосфат», иногда Ф.о. наз. как эфир фосфорной к-ты [напр., $\text{C}_2\text{H}_5\text{OP}(\text{O})(\text{OH})_2$ – этилфосфат, или этиловый эфир фосфорной к-ты]; кислые Ф.о. наз. также органил- и диорганилфосфорными к-тами [напр., $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{P}(\text{O})(\text{OH})$ – диэтилфосфорная к-та].

Кислые Ф.о., в к-рых R – остаток глицерина, углевода, аминокислот и др. (напр., *аденозинмонофосфат циклический*), *нуклеиновые кислоты, нуклеотиды, тейхоевые кислоты, фосфолипиды*), распространены во всех живых организмах и имеют важное значение для их жизнедеятельности.

Физ.-хим. свойства. Как правило, Ф.о. с низшими алифатич. радикалами – подвижные ($n = 3$) или вязкие ($n = 1, 2$) жидкости, остальные – кристаллич. в-ва или масла (табл.). Большинство кислых и полных Ф.о. с низшими алифатич. радикалами раств. в воде; многие Ф.о. раств. в спиртах, CHCl_3 и др. полярных орг. р-рителях; третичные и вторичные Ф.о. с $\text{R} = \text{Alk}, \text{Ar}$ раств. также в простых эфирах, бензоле, галогенуглеводородах.

СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ ФОСФАТОВ

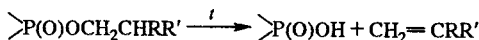
Соединение	Т. кип., °С/мм рт. ст.	Т. пл., °С	d_4^{20}	n_D^{20}	Хим. сдвиг в спектре ЯМР ³¹ P, м.д.
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OP}(\text{O})(\text{OH})_2$	Разлагается при нагр.	Сироп	—	—	—
$\text{PhOP}(\text{O})(\text{OH})_2$	—	98 ± 1	—	—	-5,6
$(\text{CH}_3\text{O})_2\text{P}(\text{O})\text{OH}$	80/10 ⁻⁴	Сироп	1,3337	1,4049	—
$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{P}(\text{O})\text{OH}$	135-138/10 ⁻²	Масло	—	1,4288	-3(± 1)
$(n\text{-C}_4\text{H}_9\text{O})_2\text{P}(\text{O})\text{OH}$	136/10 ⁻⁴	Масло	1,0180*	1,4350	—
$(\text{PhO})_2\text{P}(\text{O})\text{OH}$	—	70	—	—	-10
$(4\text{-BrC}_6\text{H}_4\text{O})_2\text{P}(\text{O})\text{OH}$	—	200	—	—	-9
$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{PO}$	192/760	—	1,2144	1,3963	+1,5
$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{PO}$	160/15	—	0,9766	1,4250	-1
$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{PO}$	167/5	—	0,9608	1,4319	-4
$(\text{CH}_2=\text{CHO})_3\text{PO}$	58/4	—	1,1209	1,4289	—
$(\text{PhO})_3\text{PO}$	245/11	50	—	—	-18
$(4\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{O})_3\text{PO}$	220-222/2	—	1,1785	1,5566	-17

* d_4^{20}

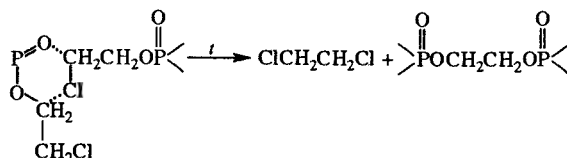
Кислые Ф.о. (их соли также наз. фосфатами) – более сильные к-ты, чем H_3PO_4 (напр., pK_a для $\text{CH}_3\text{OP}(\text{O})(\text{OH})_2$ 1,54 и 6,31, для глюкозо-6-фосфата 0,94 и 6,11, для $(\text{CH}_2\text{O})_2\text{P}(\text{O})(\text{OH})$ 1,29). Диалкилфосфаты в р-ре обычно димерны, моноалкилфосфаты в гексане, бензоле и CCl_4 – олигомеры (степень олигомеризации 8-14), в метаноле – мономеры.

Конфигурация молекул – тетраэдрическая с атомом Р в центре. Величины дипольных моментов Ф.о. колеблются в пределах $7,6 \cdot 10^{-30}$ – $1,067 \cdot 10^{-29}$ Кл·м. В ИК спектрах полосы поглощения связи $\text{P}=\text{O}$ 1200-1320, $\text{P}-\text{OH}$ 820-1030, $\text{P}-\text{OC}$ 1087-1242, $\text{C}-\text{OP}$ ок. 1030, $\text{O}-\text{H}$ 2525-3000 и 2000-2400 cm^{-1} . В спектрах ЯМР ³¹P хим. сдвиг от -23 до +28 м.д.; константы спин-спиновой взаимод. атомов $\text{P}-\text{O}-\text{H}$ 6-11 Гц.

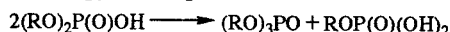
Хим. свойства. Триарилфосфаты обычно устойчивы до 300-350 °С; алкил- и арил(алкил)фосфаты разлагаются при т-ре выше 150 °С (разложение полных фосфатов катализируют кислые примеси). При термич. разложении алкилфосфатов обычно образуются олефины:



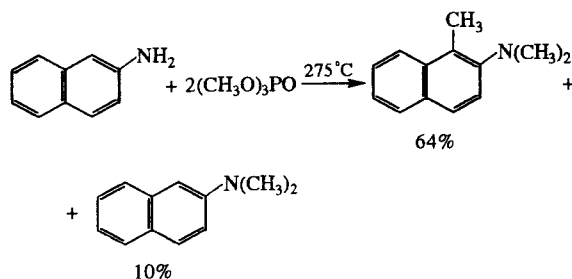
Соед. с линейными цепями более устойчивы, чем с разветвленными; однако, если у атома С в β-положении отсутствует хотя бы один атом водорода, – термич. стабильность существенно повышается. Термич. разложение β-хлоралкилфосфатов протекает без выделения олефина по схеме:



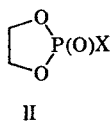
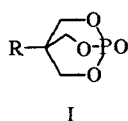
При нагр. и длит. хранении кислые фосфаты частично диспропорционируют, напр.:



Алкилфосфаты достаточно сильные алкилирующие агенты; такая способность возрастает у них с уменьшением объема алкильного радикала. В сравнительно мягких условиях они алкилируют амины, соли галогеноводородных к-т, алкоголяты; при нагр. — спирты и ароматич. соед., напр.:



Алкил- и арилфосфаты обычно устойчивы к гидролизу при комнатной т-ре и pH ок. 7. Исключительно высокой гидролитич. и термич. устойчивостью обладают бициклофосфаты (ф-ла I). Гидролиз кислых фосфатов обычно ускоряется в кислых, а полных — в щелочных средах. В зависимости от условий гидролиза и структуры Ф. о. может происходить разрыв связи Р—О (напр., при гидролизе первичных и третичных алкил-

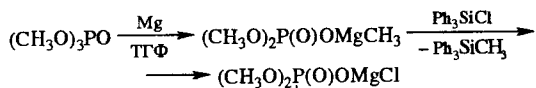


фосфатов при pH 10), С—О (в любых условиях в диалкилфосфатах) или тех и др. связей. Циклич. фосфаты (II; X = OR, OH) гидролизуются в 10^6 – 10^8 раз быстрее, чем $(\text{AlkO})_2\text{P}(\text{O})\text{X}$ или их 6- и 7-членные циклич. аналоги.

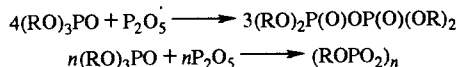
С очень высокими скоростями и экзотермически гидролизуются нек-рые биологически важные высокоэнергетич. фосфаты [напр., ΔG° , кДж/моль, при pH 7 для $\text{HOCC}(\text{CH}_3)_2\text{OP}(\text{O})(\text{OH})_2$ — 62,01; для $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{OP}(\text{O})(\text{OH})_2$ — 41,9; для $(\text{HO})_2\text{P}(\text{O})\text{OCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{C}(\text{O})\text{OP}(\text{O})(\text{OH})_2$ — 49,44; см. также *Аденозинфосфорные кислоты*].

Алкил- и арилфосфаты подвергаются алкогolioлизу лишь в жестких условиях. Исключение составляют соед., у к-рых R = алкенил, ацил, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{F}$, $\text{C}(\text{CCl}_3)=\text{NH}$, $\text{C}(\text{NRH})=\text{NR}$, используемые в синтезе прир. соединений. Нек-рые из этих соед., а также арилфосфаты выступают в р-ции аминоллиза.

Благодаря электронодонорным св-вам Ф. о. дают устойчивые аддукты с BX_3 (X = Hal, OR), образуют комплексы с нек-рыми ионами тяжелых металлов (U, Pu, Np, Zr, Th, Ce и др.). Нек-рые металлы II гр. периодич. системы способны внедряться по связи С—О полных фосфатов, напр.:



В полных фосфатах группы RO м. б. замещены на Hal(Cl, F) действием $\text{RC}(\text{O})\text{Hal}$ или RNaX , а также на орг. радикалы действием $\text{R}'\text{MgHal}$. При нагр. с P_2S_5 полные Ф. о. превращаются в тионные аналоги [в ходе р-ции они частично изомеризуются в тиолфосфаты $(\text{RO})_2\text{P}(\text{O})\text{SR}$]. Взаимод. полных Ф. о. с P_2O_5 м. б. получены пиро- или метафосфаты:

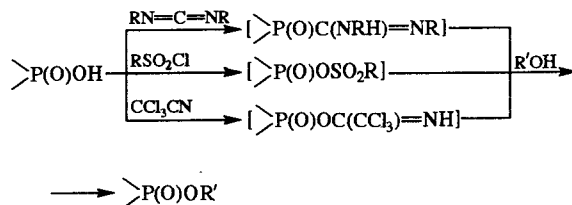


Получение Ф. о. Общ. метод синтеза Ф. о. в пром-сти основан на р-ции POCl_3 со спиртами или фенолами (в присут. акцепторов HCl или с его отдувом) либо с их Na- или K-производными. Атомы Cl в POCl_3 можно последовательно замещать на разл. группы RO. Образующиеся первоначально хлорфосфаты путем гидролиза можно превращать в кислые Ф. о., а действием эпоксидов — в β-хлоралкилфосфаты.

Кислые Ф. о. получают также алкогolioлизом P_2O_5 . В зависимости от соотношения реагентов и др. условий образуются преим. первичные или вторичные фосфаты, либо эквимолярная смесь этих соединений.

Пром. значение имеют также след. методы синтеза Ф. о.: взаимод. PCl_3 или белого Р со спиртами и хлором; получение $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{PO}$ р-ций P_2O_5 с диэтиловым эфиром в атмосфере этилена при 180 °C; действие ROH на диалкилфосфиты в среде CCl_4 в присут. третичных аминов (см. *Тодда-Атертона реакция*). Винилфосфаты получают взаимод. $(\text{RO})_3\text{P}$ с α-галогенкарбонильными соед. (см. *Перкова реакция*) или взаимод. хлорфосфатов с карбонильными соед. типа $\text{O}=\text{CXCH}_2$ (X = H, Alk, OR, SR, CN и др.; R = H, Alk, Hal и др.) в присут. оснований.

Для получения нуклеотидов, фосфатов сахаров, фосфолипидов и др. биологически важных Ф. о. обычно используют активир. фосфорилирующие агенты. За редким исключением (напр., морфолидо-, имидазолидо- и триазолидопроизводных) такие соед. получают и применяют без выделения, напр.:



Ограниченное использование в синтезе Ф. о. имеют такие методы, как окисление эфиров фосфористой к-ты (с помощью N_2O_4 , H_2O_2 и др.), алкилирование солей кислых фосфатов с помощью RHal, алкогolioлиз или гидролиз ангидридов фосфорной к-ты, взаимод. алкоксисиланов с галогенидами 4-координац. Р.

Применение. Ф. о. широко используют в качестве добавок для модификации пластмасс (как пластификаторы, для повышения огнестойкости и способности к прокрашиванию — *трибутилфосфат*, *трифенилфосфат*, *трикрезилфосфат*, *2-этилгексилфосфат* и др.), экстрагентов (напр., *трибутилфосфат* и *2-этилгексилфосфат* — для экстракции U, Pu, Np и др. радиоактивных элементов из отработанного ядерного горячего и РЗЭ из минер. сырья), флотореагентов, теплоносителей, пестицидов, лек. ср-в и др.

Лит.: Корбридж Д., Фосфор, пер. с англ., М., 1982, с. 329–429; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 5, М., 1983, с. 44–95; Cherbuliez E., в кн.: Organic phosphorus compounds, eds. G. Kosolapoff, L. Maier, v. 6, N. Y., 1973, p. 211–577; Clark V. [u. a.], «Angew. Chem.», 1964, Bd 97, № 3, S. 678.

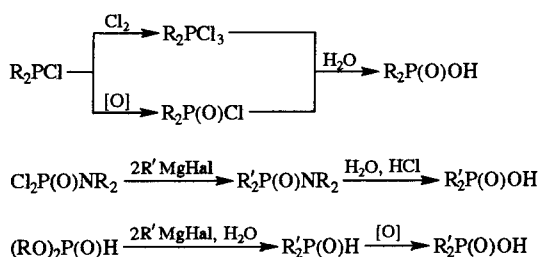
Г. И. Дрозд.

ФОСФИДЫ, соединения фосфора с более электроположит. элементами. По типу хим. связи Ф. подразделяют на соед. с преим. ионной связью, металлоподобные и с преим. ковалентной связью. К и о н н ы м относятся Ф. щелочных и щел.-зем. элементов и металлов подгруппы цинка. Эти Ф. легко гидролизуются водой, хорошо раств. в к-тах с выделением PH_3 , сгорают в токе O_2 с образованием оксидов металлов и Р, реагируют с галогенами. Нек-рые из них обладают полупроводниковыми св-вами из-за того, что в межатомной связи присутствует определенная доля ковалентной составляющей.

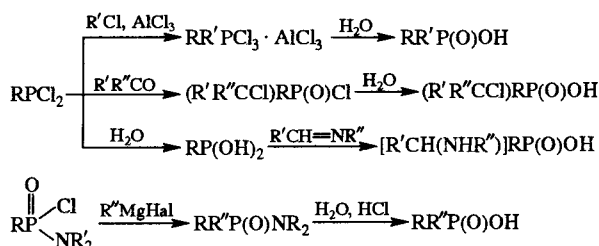
Металлоподобные Ф. образуют гл. обр. переходные металлы, в т. ч. РЗЭ. Их состав, как правило, не соответствует валентностям образующих их элементов. Эти Ф. тугоплавки, устойчивы к действию воды и к-т. Их хим. стойкость растет с увеличением содержания Р. Так, Ni_3P , Cr_3P , Fe_3P , Ti_3P легко разлагаются к-тами-окислителями (H_2SO_4 , HNO_3 , HClO_4), а также щелочами. В то же время Ф. состава TiP , VP , TaP , CrP , FeP , MnP не взаимод. с конц. соляной к-той и к-тами-окислителями. Они раств. при нагр. в царской водке. Все металлоподобные Ф. разлагаются смесью HF и HNO_3 и при сплавлении с щелочами и пероксидными металлами. Многие из них — полупроводники благодаря тому, что в хим. связь вносит определенный вклад ковалентная составляющая.

ся при действии щелочи на Ф.к. с пергалогеналкильными радикалами. Восстановители превращают Ф.к. в фосфины. Известны многочисленные р-ции Ф.к., сопровождающиеся модификацией орг. радикала, а также алкилирование и ацилирование группы НО.

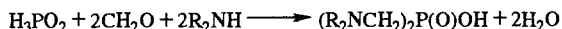
Ф.к. с незамещенными алкильными и арильными радикалами обычно получают из диорганилхлорфосфинов, амидодихлорфосфатов или диорганилфосфитов:



Ф.к. с разноименными орг. радикалами можно получать по схеме:



Ф.к. образуются также в р-ции H_3PO_2 с олефинами, при окислении $\text{R}_2\text{P(S)SH}$, диорганилдифосфиндисульфидов и вторичных фосфинов; в результате присоединения фосфонистой и органилфосфонистых к-т к альдегидам и кетонам. Р-ция H_3PO_2 с альдегидами и вторичными аминами приводит к α -аминоалкилзамещенным Ф.к., напр.:



Ф.к. используют в лаб. практике.

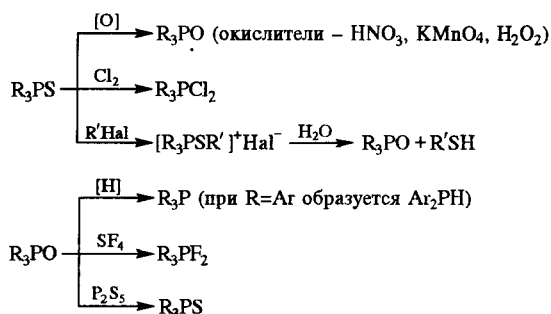
Лит.: Нифантьев Э.Е., Химия фосфорорганических соединений, М., 1971, с. 260–72; Crofts P., в кн.: Organic phosphorus compounds, eds. G. Kozlov, L. Maier, v. 6, N. Y., 1973, p. 1–209. Г. И. Дрозд.

ФОСФИНОКСИДЫ И ФОСФИНСУЛЬФИДЫ (фосфинов окиси и тиоокиси), соед. общей ф-лы $\text{R}_n\text{P(X)H}_{3-n}$, где R – орг. радикал; X = O, S; n = 1–3. Различают первичные (n = 1), вторичные (n = 2) и третичные (n = 3) Ф. и ф. Названия соед. образуются от назв. соответствующего фосфина (напр., Ph_3PO – трифенилфосфиноксид, PhP(S)H_2 – фенилфосфинсульфид); вторичные Ф. и ф. наз. также фосфинистыми и тиофосфинистыми к-тами соответственно.

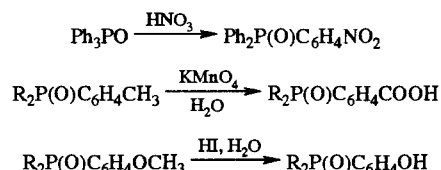
Третичные Ф. и ф. $\text{R}_3\text{P(X)}$ наиб. изучены. Они представляют собой бесцв. жидкости или кристаллы; раств. в орг. р-рителях; низшие фосфиноксиды хорошо раств. в H_2O и гигроскопичны. Большинство третичных Ф. и ф. устойчиво при хранении и нагревании до т-ры кипения; низшие оксиды выдерживают кратковременное нагревание до 450–700 °С, сульфиды – до 350–380 °С. Оксиды с α -группой ОН при т-ре выше 100 °С отщепляют карбонильное соединение. Ф. и ф. обычно устойчивы к гидролизу в нейтральных водных р-рах, медленно гидролизуются в щелочных и кислых средах.

Третичные Ф. и ф. – высокополярные соединения [μ (1–2) · 10⁻²⁹ Кл · м]. Энергия связей (в Alk_3PX) для Р = О и Р = S соотв. 565,6–586 и 373,1–398,05 кДж/моль. Конфигурация молекул тетраэдрическая. В ИК спектрах полосы поглощения связи Р = О в области 1100–1330 см⁻¹ [для $(\text{CF}_3)_3\text{PO}$, Ph_3PO , $(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{PO}$ соотв. 1327, 1190 и 1170 см⁻¹], связи Р = S 530–640 см⁻¹ [для $(\text{CH}_3)_3\text{PS}$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{PS}$ и Ph_3PS соотв. 558, 535 и 630 см⁻¹].

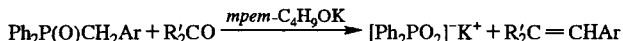
Фосфиноксиды более сильные основания, чем фосфинсульфиды, но слабее N-оксидов. Фосфиноксиды образуют с к-тами НА комплексы или соли $[\text{R}_3\text{POH}]^+\text{A}^-$. Комплексы фосфиноксидов с к-тами Льюиса (BF_3 , SO_3 , SiH_4) и солями металлов более устойчивы, чем комплексы фосфинсульфидов. В мягких условиях фосфиноксиды дают с калием ион-радикалы $(\text{R}_3\text{PO}^-)\text{K}^+$, тогда как фосфинсульфиды при действии щелочных металлов восстанавливаются до третичных фосфинов. Известно мн. р-ций с участием фосфорильной Р = О и тиофосфорильной Р = S групп, напр.:



Фосфиноксиды вступают также во мн. р-ции, не затрагивающие связи Р = О, напр.:



В присут. акцепторов протонов фосфиноксиды, содержащие активную группу CH_2 , реагируют с карбонильными соед. по схеме:

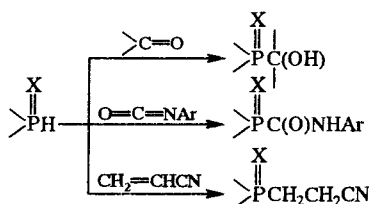


Осн. методы получения третичных Ф. и ф.: действие RMgHal или RLi на $\text{Y}_n\text{R}_{3-n}\text{PX}$ (Y = Hal, OR'; X = O, S; n = 1–3); перегруппировка эфиров R_2POR или тиоэфиров R_2PSR в присут. I_2 либо RHal ; присоединение О или S к третичным фосфинам (окислители – H_2O_2 , N_2O_4 , S, R_2S_n и др.); присоединение $\text{R}_n\text{H}_{3-n}\text{PX}$ (X = O, S) к соед. с активир. двойной связью (к карбонильным соед., $\text{CHR}=\text{CHCN}$ и др.); действие спиртов или меркаптанов на фосфораны R_3PNa_2 ; термич. разложение солей $[\text{R}_4\text{P}]^+\text{Y}^-$ (Y = OH, OR, OAc; при Y = Hal предварительно обрабатывают NaOH или $\text{Ag}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$); алкилирование P_2O_4 или элементарного Р с помощью RI с послед. гидролизом солей фосфония.

Вторичные Ф. и ф. $\text{R}_2\text{P(X)H}$ – вязкие жидкости или кристаллы, раств. в орг. р-рителях (простейшие фосфиноксиды смешиваются с H_2O), при хранении и нагревании постепенно разлагаются. Спектральные данные свидетельствуют в пользу тетрагон. конфигурации молекул вторичных Ф. и ф. [исключение – оксиды и тиооксиды бис-(перфторалкил) фосфинов, существующие в виде изомерных фосфинистых кислот R_2PXH (X = S, O)].

При обработке щелочными металлами или алкоголями образуют соли R_2POM (ф о с ф и н и т ы); при хлорировании – хлорангидриды $\text{R}_2\text{P(O)Cl}$. При действии окислителей (H_2O_2 , $\text{I}_2 - \text{H}_2\text{O}$, KMnO_4) фосфиноксиды образуют к-ты $\text{R}_n\text{P(O)(OH)}_{3-n}$, фосфинсульфиды – смесь к-т $[\text{R}_2\text{P(O)OH}$ и $\text{R}_2\text{P(S)SH}]$. Во вторичных Ф. и ф. атом Н может быть замещен на Cl действием CCl_4 в смеси с NR_3 . Большинство соед. рассматриваемого типа способно присоединяться к соед. с кратными связями (альдегидам, кетонам, амидам и нитрилам,

α, β-ненасыщенным карбоновым к-там, азометинам, азидам и др.), напр.:



X = O, S

Вторичные Ф. и ф. синтезируют действием RMgHal на диалкилфосфиты $(\text{RO})_2\text{P}(\text{O})\text{H}$ или $(\text{RO})_2\text{P}(\text{S})\text{H}$; р-цией H_2O или H_2S с R_2PY ($\text{Y} = \text{Cl}, \text{NR}_2$); присоединением O_2 (контролируемое окисление) или S к вторичным фосфинам. Кроме того, вторичные фосфиноксиды можно получать действием LiAlH_4 на фосфинаты $\text{R}_2\text{P}(\text{O})\text{Y}$ ($\text{Y} = \text{Cl}, \text{OR}$) и конденсацией PH_3 с 2 эквивалентами альдегида или кетона. Препаративное значение имеет синтез вторичных фосфинсульфидов по схеме:



Первичные Ф. и ф. $\text{RP}(\text{X})\text{H}_2$ — неустойчивые соед.; их получают окислением (напр., с помощью N_2O_4 или H_2O_2) первичных фосфинов либо присоединением PH_3 к альдегидам или кетонам. Неустойчивые при комнатной т-ре фосфинсульфиды $\text{RP}(\text{S})\text{H}_2$ образуются при смешении в р-рителе первичных фосфинов с серой.

Ф. и ф. — экстрагенты (фосфиноксиды — для экстракции из р-ров ионов лантаноидов и актиноидов, Ph_3PS — селективный экстрагент Ag из азотнокислых р-ров), присадки к смазочным маслам, катализаторы, антипирены, реагенты в орг. синтезе.

Лит.: Нифантьев Э. В., Химия фосфорорганических соединений, М., 1971, с. 307; Maier L., в кн.: Topics in phosphorus chemistry, v. 2, N. Y., 1965, p. 43–131; Haas H., Peterson D., в кн.: Organic phosphorus compounds, eds. G. Kosolapoff, L. Maier, v. 3, N. Y., 1972, p. 341; Maier L., «Organophosphorus chemistry», 1972, v. 3, p. 55.

Г. И. Дрозд.

ФОСФИНЫ. 1) Неорганические фосфины (гидриды фосфора, фосфиды водорода) — соед. фосфора с водородом. Фосфин (фосфористый водород) PH_3 — бесцв. газ с резким запахом гнилой рыбы; конфигурация молекулы — тригон. пирамида; т. пл. $-133,8^\circ\text{C}$, т. кип. $-87,4^\circ\text{C}$; плотн. 1,529 г/л, отн. к воздуху 1,2; C_p^0 3,93 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{обр}}^0$ 5,4 кДж/моль; S_{298}^0 209,93 Дж/(моль·К); образует кристаллы с гранецентрир. кубич. решеткой. Раств. в бензоле, диэтиловом эфире, CS_2 . Умеренно раств. в воде, причем, в р-ре устанавливается равновесие: $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{PH}_3 \rightleftharpoons \text{PH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{PH}_4^+ + \text{OH}^-$. Поскольку значения pK_a и pK_b практически равны, водные р-ры PH_3 можно рассматривать как слабый идеальный амфолит. Электронодонорные св-ва PH_3 выражены гораздо слабее, чем у NH_3 , однако они резко увеличиваются при замене атомов Н на орг. радикалы (см. ниже).

Ион фосфония PH_4^+ малоустойчив. Самая устойчивая соль фосфония (в твердом состоянии) — иодид PH_4I . Водой и щелочными р-рами соли фосфония разлагаются с выделением PH_3 .

PH_3 и соли фосфония — сильные восстановители. При нагр. PH_3 разлагается, на воздухе выше 100°C воспламеняется, в присут. небольших кол-в P_2H_4 самовозгорается, в смеси с O_2 взрывается. В щелочных р-рах окислит.-восстановит. потенциал PH_3 $-1,12$ В ($\text{PH}_3 + 5\text{OH}^- - 4e \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_2^- + 3\text{H}_2\text{O}$). PH_3 восстанавливает ионы мн. металлов из р-ров их солей.

Получают PH_3 взаимодей. фосфидов (напр., Cu_3P_2) с водой или к-той; наряду с PH_3 образуются небольшие кол-ва P_2H_4 . Его синтезируют также р-цией белого Р с р-ром щелочи при нагр., взаимодей. KOH с PH_4I в водном р-ре. PH_3 образуется при получении белого и красного Р; при действии к-т на фосфиды металлов (напр., при травлении сталей, содержащих за-

метную примесь Р); при использовании цианамидов Са, загрязненного $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, и ацетилена, полученного из фосфорсодержащего карбида (содержание PH_3 в C_2H_2 иногда достигает 0,02–0,06%); при применении вместо известные карбидных отходов от получения ацетилена. Используют PH_3 для синтеза фосфорорг. соед., для получения фосфора особой чистоты ($2\text{PH}_3 + 2\text{PCl}_3 \rightleftharpoons 4\text{P} + 6\text{HCl}$). Токсичен, действует преим. на нервную систему, нарушает обмен в-в и др.; минимальная предостерегающая концентрация 0,00014–0,00028% (по объему), запах ощущается при 0,002–0,004 мг/л, при концентрации 0,01 мг/л многочасовое воздействие может привести к смерти.

Дифосфин P_2H_4 — бесцв. летучая жидкость; по конфигурации молекулы подобен гидразину, но не обладает основными св-вами, не реагирует с к-тами. Сильный восстановитель, на воздухе самовоспламеняется, при нагр. и хранении на свету разлагается. В продуктах распада присутствуют Р, PH_3 и аморфное в-во желтого цвета (твердый фосфористый водород), представляющее собой низшие гидриды фосфора P_xH_y , где $x > y$, напр. P_2H_4 , P_3H_2 , P_3H_2 , P_4H_6 . Это в-во раств. только в дифосфине и расплавленном Р, при обычных условиях устойчиво; восстанавливает.

Лит.: Осадченко И. М., Томилов А. П., «Успехи химии», 1969, т. 38, в. 6, с. 1089–107. См. также лит. при ст. Фосфора галогениды.

Я. А. Угай.

2) Органические фосфины — соед. общей ф-лы $\text{R}_n\text{PH}_{3-n}$, где R — орг. радикал; $n = 1-3$.

Различают первичные ($n = 1$), вторичные ($n = 2$) и третичные ($n = 3$) Ф. Известны дифосфины (напр., R_2PPR_2), трифосфины и циклич. фосфины с неск. атомами Р в цикле, а также с атомом Р и др. гетероатомом в цикле (о последних см. в ст. Фосфорсодержащие гетероциклы).

За исключением неск. низших представителей [напр., CH_3PH_2 , $(\text{CF}_3)_n\text{PH}_{3-n}$] Ф. — жидкости или кристаллич. в-ва с характерным неприятным запахом; хорошо раств. в орг. р-рителях, ограниченно в воде. Ф. — низкополярные в-ва [напр., μ (Д-м) для CH_3PH_2 $4 \cdot 10^{-30}$, для $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{P}$ $6,14 \cdot 10^{-30}$, для Ph_3P $4,87 \cdot 10^{-30}$]. Конфигурация молекул тригонально-пирамидальная.

Хим. сдвиги в спектре ЯМР ^{31}P относительно 85%-ной H_3PO_4 (в м. д.) колеблются в пределах: для первичных Ф. — от -110 до -163 , для вторичных — от -40 до -90 , для третичных — от -166 до $+7$. Константы спин-спинового взаимодей. (в Гц) в пределах 162–210 (первичные Ф.) и 178–240 (вторичные Ф.). В ИК спектрах первичных и вторичных Ф. полосы поглощения для связи Р—Н в области 2270–2290 cm^{-1} .

Ф. легко окисляются на воздухе, наиб. летучие — самовоспламеняются. Основность Ф. значительно зависит от заместителей у атома Р; pK_a нек-рых Ф. в CH_3NO_2 : *изо*- $\text{C}_4\text{H}_9\text{PH}_2$ 0,02; *изо*- $\text{C}_4\text{H}_9\text{PH}_2$ 4,11; *изо*- $\text{C}_4\text{H}_9\text{PH}_2$ 7,97; $(\text{CH}_3)_3\text{P}$ 8,65; Ph_3P 2,73. Обычно основность уменьшается в ряду: $\text{R}_3\text{P} > \text{R}_2\text{PH} > \text{RPH}_2$ (соотв. уменьшается устойчивость солей Ф. с к-тами). Ф. образуют комплексы с к-тами Льюиса, галогенидами и карбонилами переходных металлов, а также с Ni, Pd и Pt; известны многочисленные комплексы третичных Ф. с ненасыщ. соед. (CS_2 , фторолефинами, хинонами и др.).

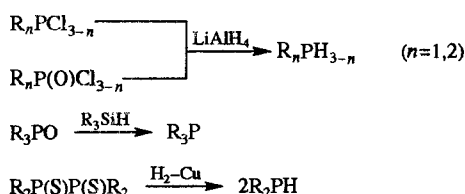
Ф. присоединяют O и S, образуя соотв. фосфиноксиды или фосфинсульфиды; источниками O и S могут служить пероксиды, R_3EO ($\text{E} = \text{N}, \text{As}$), эпоксиды, сульфоксиды, диорганополисульфиды, эписульфиды. При действии на Ф. галогенов образуются галогенфосфины или галогенфосфораны, напр.:



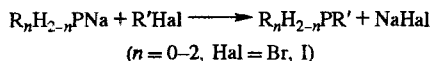
Обработка Ф. щелочными металлами приводит к органилфосфидам $\text{R}_n\text{PM}_{3-n}$ ($n = 1, 2$), действие RHal ($\text{Hal} = \text{Br}, \text{I}$) — к фосфониевым солям. С карбенами или CHAl_4 ($\text{Hal} = \text{Cl}, \text{Br}$) третичные Ф. образуют фосфинаткилены (илиды), напр. $\text{R}_3\text{P} = \text{CBr}_2$; с азидами — фосфазосоед., напр. $\text{R}_3\text{P} = \text{NAr}$; с диазоалканами — фосфиназины, напр. $\text{R}_3\text{P} = \text{NN} = \text{CH}_2$, или фосфинаткилены. Первичные и вторичные Ф. легко присое-

диняются к альдегидам и кетонам с образованием α -гидроксиалкилфосфинов.

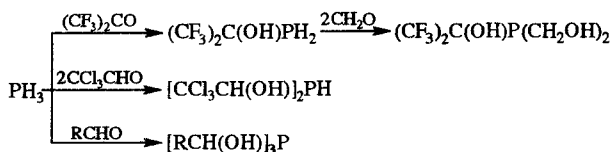
Ф. обычно получают восстановлением галогенангидридов к-т 5- или 3-валентного Р, фосфиноксидов либо фосфинсульфидов, напр.:



Препаративное значение имеет также алкилирование фосфидов щелочных металлов в жидком NH_3 или инертных р-рителях:

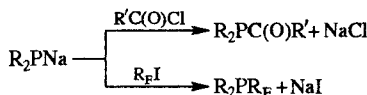


α -Гидроксикалфосфины (преим. третичные) получают взаимод. фосфинов $R_3 PH_{3-n}$ ($n=0-2$) с альдегидами или кетонами, напр.:



В лаб. практике третичные Ф. часто получают действием металлоорг. соед. RM ($M = MgHal, Li, PbR_3, SnR_3, AlR_2$) на галогенангидриды или эфиры к-т 3-валентного Р, а также присоединением фосфинов $R_n PH_{3-n}$ ($n=0-2$) к олефинам.

Ацилфосфины, а также Ф. с перфторалкильными радикалами (R_F) можно синтезировать по р-циям:



Ф. типа $(R_F)_3 P$ получают алкилированием красного Р или его смеси с $P_2 I_4$ перфториодалканами (200–280 °С, проточная система или автоклав с мешалкой). Действием $R_F I$ на циклич. полифосфины $(RP)_n$ получают Ф. типа $RP(R_F)_2$.

Ф.-реагенты в орг. синтезе (восстановители, инициаторы полимеризации, исходные при получении фосфорсодержащих полимеров и т.д.), добавки к смазочным маслам, антипирены.

Низшие члены Ф. жирного ряда ядовиты и по характеру действия на организм напоминают PH_3 .

См. также Триметилфосфин, Трифенилфосфин.

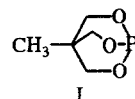
Лит.: Петров К.А., Паршина В.А., «Успехи химии», 1968, т. 37, в. 1, с. 1218–42; Пурдела Д., Виллану Р., Химия органических соединений фосфора, пер. с рум., М., 1972, с. 68–162; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983, с. 602–38; Mark V. [а.о.], «Topics Phosph. Chem.», 1967, № 5, р. 227. Г.И. Дрозд.

ФОСФИТЫ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ, соли фосфористой к-ты (см. Фосфора кислоты).

ФОСФИТЫ ОРГАНИЧЕСКИЕ, эфиры фосфористой к-ты общей ф-лы $(RO)_n P(OH)_{3-n}$ где R – орг. радикал; $n=1-3$. Различают полные (средние, или третичные Ф.о., $n=3$) и кислые (вторичные, $n=2$; первичные, $n=1$) Ф.о. Назв. Ф.о. включает назв. орг. радикала (радикалов) в алкоксильной группе, к-рое является префиксом к слову «фосфит»; иногда Ф.о. наз. как эфиры фосфористой к-ты [напр., $C_2H_5OP(OC_6H_4NO_2)OH$ – этил(*n*-нитрофенил)фосфит, или

этиловый *n*-нитрофениловый эфир фосфористой к-ты]. Ф.о. наз. также соли кислых эфиров фосфористой к-ты.

Полные Ф.о. Большинство полных Ф.о. – подвижные бесцв. жидкости, нек-рые соед. (напр., содержащие группу AgO , высшие или замещенные алкильные группы) – кристаллич. в-ва (табл.). Соед. обладают неприятным запахом, раств. в орг. р-рителях (со мн. карбонильными соед., галогенуглеводородами полные Ф.о. реагируют), практически не раств. в воде. Конфигурация молекул тригонально-пирамидальная. Величины μ колеблются в пределах $(5-6,67) \cdot 10^{-30}$ Кл·м; более высокие значения у циклич. Ф.о. (напр., у соед. I – $1,39 \cdot 10^{-29}$ Кл·м).



СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФОСФИТОВ

Соединение	Т. лп., °С/мм рт. ст.	d_4^{20}	n_D^{20}	Хим. сдвиг, в спектре ЯМР ^{31}P , м.д.	Константа спин-спинового взаимодействия атомов Р–Н, Гц
$CH_3OP(OH)_2$ ^a	—	—	—	19	575
$C_2H_5OP(OH)_2$ ^a	—	—	1,4230	15	567
$(CH_3)_2P(O)H$	56–58/10	1,1944	1,4036	11(±1)	700
$(C_2H_5)_2P(O)H$	72–73/9	1,0742	1,4086	7	680(±10)
$(C_2H_5)_3P(O)H$	125–126/12	0,9850	1,4254	6(±2)	716
$(n-C_4H_9)_2P(O)H$	145–146/2	0,9486	1,4335	—	—
$(PhO)_2P(O)H$	100/3 · 10 ⁻⁴	1,2318	1,5590	0	740
$(4-CH_3C_6H_4O)_2P(O)H$ ^a	110/5 · 10 ⁻³	1,1700	1,5470	1	740
$(CH_3O)_3P$	108/760	1,0460	1,4095	140	—
$(C_2H_5O)_3P$	159/760	0,9687	1,4134	139	—
$(i-C_4H_9O)_3P$	119/0,15	1,34434 ^a	1,4840	139	—
$(PhO)_3P$ ^b	129/10 ⁻²	1,1844	1,5910	128(±1)	—
$(4-CH_3C_6H_4O)_3P$	194/1	1,1280	1,5750	128	—
Соед. ф-лы I ^c	155/174	—	—	91	—

^a Медленно разлагается при нормальных условиях. ^b Разлагается при нагрев. ^c Т. пл. 30 °С. ^d d_4^{26} . ^e Т. пл. 21–25 °С. ^f Т. пл. 97,8 °С.

В спектре ЯМР хим. сдвиги ^{31}P находятся в области 90–150 м.д. (наименьшие значения у бициклофосфитов, наиб. высокие – у моноциклич. соед.); константа спин-спинового взаимодействия атомов Р и Н в фрагменте Р–О–С–Н 5–10 Гц.

В отсутствие кислых примесей полные Ф.о. довольно устойчивы к нагреванию (до 200–300 °С) и гидролизу. В результате термич. разложения образуются преим. кислые Ф. Полные Ф.о. в кислых средах легко гидролизуются до кислых Ф.о., образуют комплексы с боранами, солями и гидридами металлов; способны отщеплять атом О или S от мн. соед. (напр., N_2O_4, H_2O_2, RNC, RSH) с образованием фосфатов.

При взаимод. полных Ф.о. с азидами и нек-рыми хлораминами образуются *фосфазосоединения*, при действии $ROOR$, алкадиенов, нек-рых альдегидов и кетонов [напр., $(CF_3)_2CO$] – *фосфораны*. Полные Ф.о. перегруппировываются в фосфонаты при действии $RNaI$ и др. алкилирующих агентов (см. Арбузова реакция), а также α, β -непредельных альдегидов и к-т. В р-ции с α -галогенкарбонильными соед. образуются преим. винилфосфаты (см. Перкова реакция).

Замещение группы RO на др. орг. радикал происходит при действии $RMgHal$ или $ArLi$, замещение на атомы Hal – при действии $XNaI_3$ ($X = P, B; Hal = Cl, Br, F$) и $RC(O)F$. Триарилфосфиты в мягких условиях присоединяют Cl_2 или Br_2 с образованием фосфоранов $(ArO)_3PNaI_2$, тогда как $(AlkO)_3P$ перегруппировываются в диалкилхлорфосфаты.

Триалкилфосфиты обычно получают взаимод. PCl_3 с $RONa$ или со спиртами в присут. третичных аминов либо NH_3 ; р-цию фенолов с PCl_3 можно вести без акцептора HCl при 160–180 °С. Переэтерификацией $(ArO)_3P$ или алкоголизом амидов $(R_2N)_3P$ длинноцепочечными или функционально замещенными спиртами получают Ф.о. с относительно большой мол. м. В нек-рых случаях такими методами удается последовательно вводить разл. группы RO . β -Хлоралкилфосфиты получают действием эпоксидов на соед. типа $Cl_nP(OR)_{3-n}$

Кислые Ф. о. Вторичные Ф. о. с незамещенными алифатич. и смешанными алифатич. и ароматич. радикалами — подвижные, перегоняющиеся при пониженном давлении жидкости; первичные Ф. о. и диарилфосфиты — масла или кристаллич. соединения. Кислые Ф. о. раств. в орг. р-рителях, низшие — в воде.

Кислые Ф. о. существуют в виде таутомеров:



III

Вторичные Ф.о. в кислых или щелочных средах легко гидролизуются до первичных Ф.о. В избытке к-ты и H_2O гидролиз может идти до H_3PO_3 , напр.:

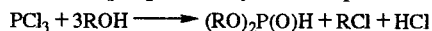
$$(C_2H_5O)_2P(O)H + 2CH_3COOH \xrightarrow{150^\circ C; 3,5 \text{ часа}} 2CH_3COOC_2H_5 + H_3PO_3$$

Вторичные Ф. о. образуют соли (их также наз. фосфитами) при взаимодействии с щелочными и щел.-зем. металлами (а также с их гидридами) либо с оксидами и солями.

$$\begin{array}{ccc} (\text{RO})_2\text{P}(\text{O})\text{H} + \text{ROM} & \rightleftharpoons & (\text{RO})_2\text{POM} + \text{ROH} \\ \sim 70\% & & \sim 30\% \end{array}$$

Кислые Ф. о. вступают в многочисленные р-ции с участием группы Р—Н, напр.:

Обычно диалкилфосфиты получают по р-ции:



Диалкил- и диарилфосфиты получают также гидролизом соед. типа $(\text{RO})_2\text{PX}$ ($\text{X} = \text{OR}$, R_2N , Hal); деалкилированием $(\text{RO})_2\text{POAlk}$ с помощью κ -; действием спиртов на H_3PO_3 или P_4O_6 ; действием алкилирующих агентов на фосфиды металлов; перэтерификацией $(\text{RO})_2\text{P}(\text{OH})$.

Ф. о. – добавки для модификации пластмасс и текстильных материалов [напр., $X(CH_2)_nOP(OR)_2$, ($X = Cl, Br, OH$, $n = 2-10$) – антистатики, стабилизаторы, пламегасители, пластификаторы], антиоксиданты и стабилизаторы полимерных пленок в пищ. пром-сти [$(C_9H_{19}O)_nPOH$ ($n = 1, 2$)], добавки к маслам и гидравлич. жидкостям [$(C_4H_9O)_2P(O)H$, $(PhO)_3P$, $(ArO)_2P(O)H$ и др.], стабилизаторы эмульсий в фотографии [напр., $(ArO)_3P$], инициаторы полимеризации олефинов [напр., $(PhO)_3P$], бактерицидные ср-ва [комплексы $(AlkO)_3P \cdot CuCN$], адгезивы, ПАВ [$(RO)_2P(O)H$, R содержит 5–16 атомов С]. Ф. о. используют также в синтезе фосфорсодержащих полимеров, пестицидов, лек. ср-в и др.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983, с. 670-718; Нифантьев Э.Е., Химия фосфорорганических соединений, М., 1971, с. 13-103; Gerard W., Hunsdon H., в кн.: Organic phosphorus compounds, eds. G. Kosolapoff, L. Maier, N.Y., v. 5, 1973, p. 21-329; Doak G., Freedman L., «Chem. Rev.», 1961, v. 61, № 1, p. 31-44. Г. И. Дрозд.

3-ФОСФОГЛИЦЕРАТКИНАЗА (АТФ: 3-фосфо Д-глице-

3-фосфоглицерат АТК-НАЗА (АТФ-3-фосфоглицерат-1-фосфотрансфераза), фермент класса трансфераз, катализирующий в р-циях гликолиза перенос остатка фосфорной к-ты от 1,3-дифосфоглицериновой к-ты на аденозиндифосфат с образованием АТФ и 3-фосфоглицериновой к-ты. Катализирует также, но с меньшей скоростью, перенос остатка фосфорной к-ты от этого же субстрата на др. нуклеотиды.

Молекула 3-Ф. (мол. м. 45–50 тыс.) состоит из одной полипептидной цепи (ее первичная структура полностью определена) и построена из двух доменов (связывающих АТФ и субстрат), соединенных шарнирным участком; каталитич. центр формируется на границе этих доменов. Оптим. каталитич. активность фермента при pH 6–9; pI 8,0–8,5 (для фермента из мышц животных).

В большинстве тканей животных 3-Ф. представлена одной изоферментной формой; в семенниках присутствует специфический для этой ткани изофермент. 3-Ф. из тканей животных содержит 6–9 групп SH и ингибируется ионами тяжелых металлов, а также реагентами на группу SH. Фермент из дрожжей, содержащий только одну группу SH, устойчив к воздействию этих реагентов; в этом же ферменте значительно меньше остатков метионина (их 3), чем в ферментах из тканей млекопитающих, где их 13. Ингибиторы 3-Ф. – также некие монофосфатнуклеотиды и 2,3-дифосфоглицериновая к-та. Ионы Mg и Mn активируют фермент.

3-Ф. взаимодействует с др. ферментом гликолиза – глицеральдегидфосфатдегидрогеназой, образуя биферментный комплекс.

Лит.: Yoshida A., в кн.: *Methods in enzymology*, v. 42, N. Y. - S. F. - L., 1975, p. 144-48; Kuntz G. W. K., Krietsch W. K. G., там же, v. 90, N. Y. - [a. o.], 1982, p. 103-14. В. И. Муронен.

ФОСФОГЛИЦЕРИДЫ (глицерофосфолипиды), группа фосфолипидов общей ф-лы $\text{ROCH}_2\text{CH}(\text{OR}')\text{CH}_2\text{OP}(\text{O})(\text{O}')\text{OX}$, где R и R' – ацил, алкил или алкенил; X – остаток спирта

$$\begin{array}{lcl}
 & \xrightarrow{\text{XHal}} & (\text{RO})_2\text{P}(\text{O})\text{Hal} \\
 & & [\text{X}=(\text{R}'\text{CO})_2\text{N}, \text{HalSO}_2, \text{Hal}] \\
 (\text{RO})_2\text{P}(\text{O})\text{H} & \xrightarrow{\text{XCl}} & (\text{RO})_2\text{P}(\text{O})\text{X} \\
 & & (\text{X}=\text{OR}', \text{R}'_2\text{N}, \text{R}'_2\text{As}, \text{R}'\text{S}) \\
 & \xrightarrow{\text{CH}_2=\text{CHX}} & (\text{RO})_2\text{P}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{X} \\
 & & (\text{X}=\text{Alk}, \text{Hal} \text{ и др.}) \\
 & \xrightarrow{\text{R}'_2\text{CO}} & (\text{RO})_2\text{P}(\text{O})\text{C}(\text{OH})\text{R}'_2
 \end{array}$$


(обычно замещенный алкил). Все Ф.- производные фосфатидовых к-т (в общей ф-ле $X = H$).

В зависимости от строения R и R' различают диацильные (R и R' - ацилы) и алкилацильные (R - алкил, R' - ацил или наоборот) Ф., а также плазмалогены ($R = R'CH = CH_2$, R' - ацил) и лизофосфолипиды (обычно R - ацил, $R' = H$); в зависимости от природы X различают фосфатидилглицерины [$X = CH_2CH(OH)CH_2OH$], фосфатидилсерины [$X = CH_2CH(NH_2)COOH$], фосфатидилхолины [$X = CH_2CH_2N^+(CH_3)_3$], фосфатидилэтанолламины [$X = CH_2CH_2NH_2$], фосфоинозитиды (X - остаток миоинозита, его моно- или дифосфатных производных), дифосфатидилглицерины [$X = CH_2CH(OR'')CH_2OR(O)(O')O - CH_2CH(OR''')CH_2OR''''$], фосфатидилглицерина аминокислотные эфиры [$X = CH_2CH(OH)CH_2OC(O)CH(NH_2)R''$] и др. К Ф. относят также нек-рые типы фосфолипидов (напр., когда остаток спирта X связан с атомом P связью $C-P$; подробнее см. в ст. *Фосфолипиды*).

Положение заместителей в остатке глицерина Ф. в их назв. обозначают с помощью *sn*-номенклатуры (см. *Липиды*). В положении 1 Ф. обычно находится остаток насыщенной к-ты; в значит. части Ф. животного происхождения в этом положении находится алкильный (плазмалогенные, или плазмалогеновые, Ф.) или алкильный (плазманильные Ф.) остаток. В состав бактериальных и растит. Ф. входят остатки разветвленных жирных к-т, содержащих циклопропановый цикл, а также жирных к-т, содержащих гидроксигруппы в положениях 2 и(или) 3. Наиб. распространенные ацильные остатки имеют 14-22 атома C и четное их число; редко встречаются к-ты с нечетным числом атомов C ; к-ты короче C_{14} и длиннее C_{22} - минорные.

Ненасыщенные ацильные остатки содержат от 1 до 6 двойных связей (почти всегда - *цис*-конфигурации); полиеновые к-ты обычно 1,4-строения, т. е. между кратными связями находятся группировки CH_2 .

Ф.- кристаллич. или аморфные соед. со склонностью к полиморфизму. Плавление Ф. проходит через неск. стадий; при напр. в жидкую фазу сначала переходят углеводородные остатки. Ф. хорошо раств. в низших спиртах, хлоруглеводородах и их смесях (в углеводородах образуют мицеллярные р-ры), плохо - в ацетоне. Во всех случаях р-имость возрастает в присут. воды и с увеличением степени ненасыщенности Ф.

Большинство Ф. при диспергировании в водных системах формирует бислойные структуры - *липосомы*, размер к-рых и кол-во бислоев зависят от способа получения; лизофосфолипиды образуют только мицеллы. На границе вода - воздух или вода - углеводород Ф., если нет ограничений их распространению, формируют монослой с полярными головками, обращенными в водную фазу, и гидрофобными остатками - в воздух (углеводород). Ф. (в виде бислойной структуры) с *гликолипидами* и *стеринами* образуют основу (матрицу) *мембран биологических*. Ф. являются главным компонентом поверхностного монослоя *липопротеинов* крови, а также вирусов, имеющих липидную оболочку.

Нек-рые Ф. имеют высокую физиол. активность. Так, фосфоинозитиды (гл. обр. фосфатидилинозитидифосфаты) участвуют в передаче сигнала от рецептора с внеш. пов-сти мембраны внутрь клетки; 1-алкил-2-ацетилглицеро-3-фосфохолин - фактор активации тромбоцитов. Нек-рые Ф. непосредственного происхождения обладают противоопухолевой активностью.

Многие белки образуют устойчивые комплексы с Ф.; нек-рые Ф. (напр., фосфатидилинозит) ковалентно связываются полярной головкой с рядом белков (напр., с щелочной фосфатазой), выполняя роль «якоря» при фиксации молекулы белка в мембране. Биосинтез Ф. детально изучен; основную роль в нем играют цитидиндифосфатдиацилглицерины.

Из прир. источников Ф. выделяют экстракцией орг. р-рителями (чаще всего смесью хлороформ - метанол). Ф. получают также хим. синтезом, часто с использованием на отдельных стадиях ферментативных р-ций; т. обр. получены C .

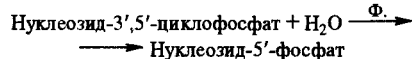
радиоактивными, спиновыми, флуоресцентными и др. метками, а также Ф., не встречающиеся в природе.

При анализе Ф. применяют тонкослойную и высокоэффективную жидкостную хроматографию; содержание Ф. определяют обычно по неорг. фосфору.

Ф. используют в пищ. и мед. пром-сти, а также в парфюмерии (гл. обр. фосфатидилхолины).

Лит.: Phospholipids, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst. - N. Y. - Oxf., 1982; Lipids. Chemistry, biochemistry, N. Y., 1986. Ю. Г. Молотковский.

ФОСФОДИЭСТЕРАЗЫ циклических 3', 5'-нуклеотидов (3', 5'-циклонуклеотид 5'-нуклеотидгидролазы), ферменты класса гидролаз, катализирующие гидролиз циклич. 3', 5'-аденозин- и 3', 5'-гуанозинмонофосфатов, а также нек-рых др. циклич. нуклеотидов в присут. Mg^{2+} :



Ф. присутствуют практически во всех исследованных тканях, а также в клетках бактерий. Функционирование Ф. обуславливает снижение внутриклеточной концентрации циклич. нуклеотидов, в частности, после гормональной стимуляции *аденилатциклазы*. Ф. могут также участвовать во внутриклеточной передаче сигнала.

Известно большое кол-во изоферментов Ф., различающихся по структуре, ферментативной активности, субстратной специфичности и зависимости от коферментов. По последним двум св-вам их делят на 4 осн. группы: Ca^{2+} -кальмодулинзависимые, цГМФ-модулируемые, цАМФ- и цГМФ-специфичные (цАМФ и цГМФ - соотв. циклич. аденозинмонофосфат и циклич. гуанозинмонофосфат).

Ф. первой группы присутствуют в сердечной мышце и в мозговой ткани. Их активность значительно возрастает в присут. Ca^{2+} .

Ф. второй группы широко распространены в тканях нервной системы, в корковом в-ве надпочечников, где они, возможно, участвуют в регуляции биосинтеза стероидных гормонов. цГМФ обычно увеличивает скорость гидролиза ферментом цАМФ. В сердечной мышце, в нек-рых типах гладкой мускулатуры, в тромбоцитах, жировых клетках и гепатоцитах присутствуют Ф. этой группы, к-рые ингибируются цГМФ.

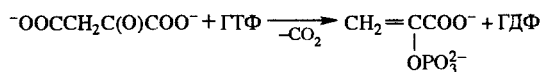
Ф. третьей группы обнаружены в половой системе, где их экспрессия может индуцироваться цАМФ в нервной ткани, в почках и лимфоцитах. У дрозофилы показана центральная роль Ф. этой группы в биохим. механизмах, определяющих поведенческие р-ции.

Ф. четвертой группы присутствуют в легких и тромбоцитах, а также в клетках палочек и колбочек сетчатки. Наиб. изучена Ф. из клеток палочек сетчатки. Она участвует в передаче зрительного сигнала. Этот фермент состоит из трех субъединиц - двух гомологичных каталитич. α , β -субъединиц (мол. м. 90 тыс., pI 5,3) и γ -субъединицы (мол. м. 10 тыс., pI 10,5). Первичная структура всех трех субъединиц известна. В результате активации Ф. светом происходит освобождение γ -субъединицы из комплекса холофермента. При этом скорость гидролиза цГМФ возрастает приблизительно в 100 раз, что ведет к падению локальной внутриклеточной концентрации цГМФ, закрытию катионных каналов на мембране и гиперполяризации клеток (см. *Родопсин*).

Конкурентные ингибиторы Ф. всех типов - теофиллин, папаверин и 3-изобутил-1-метилксантин.

Лит.: Beavo J. A., Reifsnyder D. H., «Trends in Pharm. Sci.», 1990, v. 11, p. 150-55. В. М. Липкин, М. Ю. Наточин.

ФОСФОЕНОЛПИРУВАТ-КАРБОКСИКИНАЗА [ГТФ-оксалоацетат-карбоксилаза (трансфосфорилирующая)], фермент класса лиаз, катализирующий ключевую стадию *глюконеогенеза*, - образование фосфоенолпирувата из оксалоацетата:



(ГТФ - гуанозинтрифосфат, ГДФ - гуанозиндифосфат)

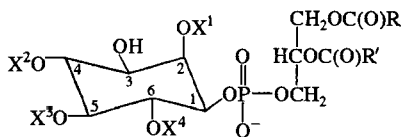
Молекула цитоплазматич. Ф.-к. печени крысы – мономер с мол. м. 74 тыс. Оптим. каталитич. активность при pH 6,9–9,0 требует присутствия Mg^{2+} . В присут. ионов переходных металлов (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+}) активность увеличивается; активация происходит под действием белка-активатора (ферроактиватор, мол. м. 82–126 тыс.). Последний состоит из одинаковых субъединиц с мол. м. 23,6 тыс. Специфич. ингибитор Ф.-к. – хинолиновая к-та – один из продуктов распада в тканях триптофана.

Чрезвычайно широкая распространенность Ф.-к. в тканях животных, растений и микроорганизмов определяется ключевой ролью фермента в образовании глюкозы из физиол. предшественника – пировиноградной к-ты. Количество фермента в тканях млекопитающих регулируется гормонами: глюкагон увеличивает синтез Ф.-к., а инсулин – снижает.

Лит.: Tilghman S.M., Hanson R.W., Ballard F.J., в кн.: Glucoseogenesis: its regulation in mammalian species, N. Y., 1976, p. 47–91; Ben-tle L.A., Lardy H.A., «J. Biol. Chem.», 1977, v. 252, № 4, p. 1431–40.

А. Д. Виноградов.

ФОСФОИНОЗИТИДЫ (инозитфосфатиды, фосфатидилинозиты), *фосфолипиды*, содержащие в молекуле остаток *мио*-инозита (замещенного или незамещенного), этерифицированного в положении 1 обычно фосфатидовой к-той.



R, R' – алкил, алкенил

Монофосфоинозитид (фосфатидилинозит) $X^1=X^2=X^3=X^4=H$

Дифосфоинозитид (фосфатидилинозит-4-фосфат) $X^1=X^3=X^4=H, X^2=P(O)(OH)_2$

Трифосфоинозитид (фосфатидилинозит-4,5-дифосфат) $X^1=X^4=H, X^2=X^3=P(O)(OH)_2$

Манифосфоинозитид (маниозид фосфатидилинозита) $X^2=X^3=H, X^1=\alpha$ -D-маниопиранозил; X^4 = олигосахаридная цепь, содержащая от 2 до 5 остатков маннозы

Остаток *мио*-инозита м. б. этерифицирован по положениям 4 и (или) 5 ортофосфорной к-той; в микроорганизмах присутствуют Ф., содержащие остатки моно- и олигосахаридов (обычно D-маннозы, D-глюкозы) в положениях 2 и 6 циклического кольца (см. ф-лу). Известно также большое число гликофосфосфинголипидов, у к-рых остаток *мио*-инозита связан в положении 1 эфирной связью с церамидфосфатом $RCH(OH)CH(NHCOR')CH_2OP(O)(OH)_2$. Устанавливается строение т. наз. гликозилфосфатидилинозитгликанов, к-рые выполняют «якорную ф-цию» для мембранных белков.

Ф. представляют собой бесцв. или слабоокрашенные аморфные порошкообразные или воскообразные в-ва, легко гидролизующиеся и окисляющиеся на воздухе (в особенности на свету). Из-за наличия в составе прир. Ф. неск. хиральных центров они являются оптически активными соединениями.

Ф. найдены во всех типах организмов, где они присутствуют в своб. состоянии (в виде солей) или в форме сложных белково-липидных комплексов. Ф. относятся к минорным фракциям фосфолипидов клетки и отличаются наиб. высокой скоростью обмена по сравнению с др. фосфолипидами. В Ф., как правило, положение 1 глицеринового остатка молекулы этерифицировано насыщенн. а, положение 2 – ненасыщенн. (чаще всего арахидоновой) к-той. Встречаются Ф., в к-рых в положении 1 остатка глицерина находится не ацил, а R'O (алкильная или плазмалогенная форма Ф.). В природе

биосинтез Ф. осуществляется взаимодей. цитидиндифосфатдиглицерина со своб. *мио*-инозитом и послед. фосфорилированием последнего с помощью соответствующих ферментов (киназ).

Получают Ф. обычно из дрожжей или мозга животных экстракцией подкисленными смесями орг. р-рителей с послед. разделением и очисткой с помощью хроматографии (наиб. эффективно на аминокислотных сорбентах).

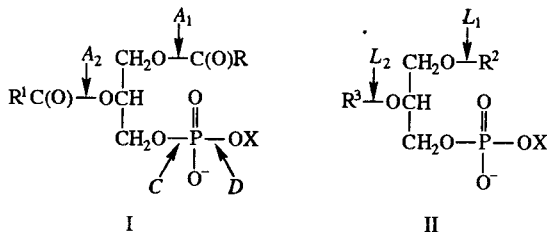
В живой клетке трифосфоинозитиды являются компонентами биол. цикла, обеспечивающего передачу информации клетке и управляющего физиол. активностью клетки на мол. уровне. При внеш. воздействии на клетку происходит расщепление этих Ф., находящихся в мембране, с высвобождением молекул двух вторичных передатчиков – 1,2-ацилглицерина и 1,4,5-трифосфата *мио*-инозита, к-рые путем активации протеинкиназы C и кальцийзависимых ферментов вызывают каскад биохим. р-ций, регулирующих важнейшие физиол. процессы. Имеются данные о связи нарушения метаболизма Ф. с возникновением патологич. состояний – сахарного диабета, гипертонич. болезни, онкологич. заболеваний и др. Нек-рые Ф. (напр., манифосфоинозитиды) проявляют активность в иммунологич. р-циях, что нашло применение в медицине для серологич. диагностики туберкулеза и проказы.

Осн. представители Ф. получены хим. синтезом через стадии образования рацематов асимметрично замещенных производных *мио*-инозита, разделения их на энантиомеры и селективного фосфорилирования; получение Ф. возможно также с использованием ферментов (фосфатидилтрансферазы, фосфатидилинозиткиназы).

Лит.: *мио*-Инозит и фосфоинозитиды, М., 1987; Phospholipids, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst. – N. Y. – Oxf., 1982.

В. И. Шеен.

ФОСФОЛИПАЗЫ (фосфатазы), ферменты класса гидролаз, катализирующие гидролиз *фосфоглицеридов*. В зависимости от места действия на субстрат (позиционной специфичности) различают фосфолипазы A_1 , A_2 , C и D (хим. связи, к-рые гидролизуют эти Ф., показаны на ф-ле I); *лизосфоглицериды* расщепляются под действием Ф. L (ф-ла II; существование позиционно специфичных Ф. L_1 и L_2 не доказано). Ф. B – устаревшее назв. препаратов, обладающих активностью по типу Ф. A и L.



X – остаток холина, серина, *мио*-инозита и др.;

для Ф. L_1 $R^2=C(O)R^4$, $R^3=H$; для Ф. L_2 $R^2=H$, $R^3=C(O)R^4$

Каждое из семейств Ф. неоднородно и включает ферменты, значительно отличающиеся по мол. массам, субъединичному составу и др. св-вам. Все Ф. наиб. активно катализируют гидролиз на пов-сти раздела фаз фосфолипид – вода; медленно гидролизуют водорастворимые субстраты.

Ф. A_1 в большинстве своем – внутриклеточные ферменты, часто мембраносвязанные, не нуждаются в коферменте. Их мол. массы варьируют в пределах 15–90 тыс.; оптимальная каталитич. активность проявляется при pH 4,0 (для лизосомальных ферментов) или 8,0–9,5 (для ферментов микросом, плазматич. мембран и цитозоля); широко распространены в животных тканях (печень, сердце, мозг) и в микроорганизмах (*Bacillus subtilis*, *B. megaterium*, *Mycobacter phlei*, *Escherichia coli*).

Ф. A_2 – наиб. изученные представители Ф. Известны 3 группы Ф. A_2 : 1) ферменты ядов змей, рептилий и насекомых, существующие в виде большого кол-ва изоформ (см. *Изоферменты*); 2) ферменты поджелудочной железы млекопитающих.

щих, продуцирующиеся в организме в виде зимогенов (предшественников с большей мол. массой) и активирующиеся трипсином; 3) внутриклеточные ферменты из крови и тканей животных, среди к-рых имеются как р-римые, так и мембраносвязанные. Ф. А₂ первых двух подгрупп являются водорастворимыми ферментами с мол. м. 11–19 тыс. (не-рые активны в виде димеров), обладают высокой стабильностью благодаря большому числу (6–7) дисульфидных связей; оптимальная каталитич. активность при pH 7,5–9,0; pI от 4,0 до 10,5; кофермент – Ca²⁺. Для мн. представителей этих подгрупп Ф. известны первичная и пространственная структура; в активном центре обнаружены остатки гистидина и аспарагиновой к-ты. Св-ва внутриклеточных Ф. А₂ (третья подгруппа) зависят от субклеточной локализации фермента. Их мол. м. 12–75 тыс.; оптимальная каталитич. активность при pH 4,2–9,0; нек-рые ферменты этой подгруппы не содержат коферментов.

Ф. L выделены из растений, микроорганизмов, яда пчел, тканей млекопитающих. Ферменты этой группы крайне неспецифичны, катализируют гидролиз разл. сложноэфирных связей, обладают литическим (разрушающим) действием по отношению к биол. мембранам (что обуславливает их токсичность). Мол. м. Ф. L 15–65 тыс., они менее стабильны, чем Ф. А; их оптимальная каталитич. активность проявляется при pH от 4,5 (лизосомальный фермент) до 10,0 (ферменты ядов); Ф. L не имеют коферментов, не ингибируются этилениаминами, тетрауксусной к-той; нек-рые Ф. L ингибируются диизопропилфторфосфатом и п-хлормеркурибензойной к-той; универсальные ингибиторы для всех Ф. L – ПАВ.

Ф. С обнаружены у бактерий Clostridium, Bacillus и Pseudomonas, а также в клетках млекопитающих (печень, мозг, поджелудочная железа). Для нек-рых из них характерна строгая специфичность по отношению к спиртовой группе молекулы субстрата, напр. к остатку холина (Ф. С₁) и мио-инозита (Ф. С₂). Мол. м. Ф. С от 23 до 51 тыс., ионы Zn²⁺ являются для них коферментом и стабилизатором; оптимальная каталитич. активность при pH ок. 7 для Ф. С₁ и при pH < 7 для Ф. С₂.

Ф. D обнаружены в растениях (овощи, водоросли), микроорганизмах и в тканях животных. Их мол. м. 90–116 тыс.; оптимальная каталитич. активность при pH 4,7–8,0. Катионные ПАВ ингибируют Ф. D, анионные – активируют.

Помимо гидролитич. ф-ции Ф. обладают трансацилазной (Ф. А₁, А₂ и L) и трансфосфатидилазной (Ф. С и D) активностью.

Ф. играют важную роль в обмене липидов в живых организмах. Их используют для определения структуры фосфолипидов и места их локализации в мембранах.

Лит.: Брокерхоф Х., Дженсен Р. Липолитические ферменты, пер. с англ., М., 1978, с. 242–356; Van den Bosch H., «Biochim. et Biophys. Acta», 1980, v. 604, № 2, p. 191–246; Dennis E. A., в кн.: The enzymes, 3 ed., v. 16, N. Y.–L., 1983, p. 307–53. Т. В. Ротанова.

ФОСФОЛИПИДЫ, природные липиды, содержащие в молекуле остаток фосфорной к-ты, связанной эфирной связью с производным многоатомного спирта.

Наиб. распространенная группа Ф. – *фосфоглицериды* общей ф-лы ROCH₂CH(OR')CH₂OP(O)(O[–])OX (R, R' – алкил, алкенил, ацил; X = H, CH₂CH₂NH₃⁺ и др.). К фосфолипидам относятся также *фосфосфинголипиды* RCH(OH)CH(NH₂CO⁺)CH₂OP(O)(O[–])OX (R – алкил, алкенил, R' – ацил), диольные фосфолипиды RO(CH₂)_nCH₂OP(O)(O[–])X (см. Диольные липиды, n = 1–4) и фосфонолипиды [напр., ROCH₂CH(OR')CH₂OP(O)(O[–]) – CH₂CH₂NH₃⁺ и ROCH₂CH(OR')CH₂P(O)(O[–])OCH₂CH₂NH₃⁺].

Молекулы Ф. содержат неполярные гидрофобные «хвосты» и полярную гидрофильную «головку» (остаток фосфорной к-ты), что определяет мн. физ.-хим. св-ва, в т. ч. способность формировать *мембраны биологические*.

При pH ок. 7 фосфатная группа мн. Ф. ионизирована. Ф. гидролизуются *фосфолипазами*. При мягком щелочном гидролизе отщепляются жирные к-ты, но не затрагиваются слож-

ноэфирные связи остатка фосфорной к-ты; при жестком щелочном гидролизе отщепляется также ХОН. К-ты гидролизуют все сложноэфирные связи.

Фосфонолипиды обнаружены у ряда моллюсков, морских организмов и простейших (иногда до 30% по массе от общего кол-ва Ф.); у млекопитающих найдены лишь в следовых кол-вах. Выделены фосфоглицерофосфонолипиды, сфингофосфонолипиды и сфингогликофосфонолипиды; все они в осн. являются производными 2-аминоэтилфосфоновой к-ты. Производные 2-метиламино- и 2-триметиламмониетилфосфоновых к-т встречаются в незначит. кол-вах. Роль фосфонолипидов не выяснена; предполагают, что она связана с высокой устойчивостью связи С–Р к хим. и ферментативному гидролизу.

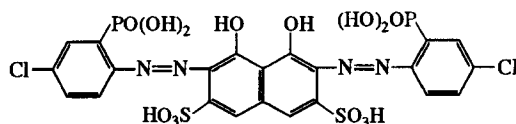
Ф. выделяют из прир. источников или синтезируют.

Лит. см. при ст. Фосфоглицериды.

Ю. Г. Молотковский.

ФОСФОНАЗО, группа орг. реагентов, получаемых азосочетанием хромотроповой к-ты с диазониумным производным фенилфосфоновой к-ты и ее разл. замещенных.

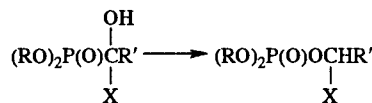
Наиб. важен хлорфосфоназо III (3,6-бис-[4-хлор-2-фосфобензолазо]-4,5-дигидроксинафталин-2,7-дисульфокислота; см. ф-лу), мол. м. 693,25. Коричневый порошок, хорошо



раств. в воде, плохо в этаноле. Водные р-ры при pH < 3,0 розового, при pH > 4,0 фиолетового цвета. Р-ры в конц. HCl и H₂SO₄ обладают ярко-зеленой окраской. В кислых р-рах в присут. комплексона III и др. маскирующих в-в хлорфосфоназо III дает комплексы с ионами мн. элементов; в осн. применяется для фотометрич. определения Ca, Sr, Ba, U(VI); пределы обнаружения 0,02–0,04 мкг/мл. Р-ции комплексообразования контрастны: λ_{макс} реагента 555 нм, комплексов соед. урана 620 нм и 670 нм. Хлорфосфоназо III предложен как металлоиндикатор при титриметрич. определении сульфат-ионов.

Лит.: Немодрук А. А. [и др.], «Ж. аналит. химии», 1961, т. 16, в. 2, с. 180–84; Саввин С. Б., Акимова Т. Г., Дедкова В. П., Органические реагенты для определения Ba²⁺ и SO₄^{2–}, М., 1971, с. 192. А. В. Михайлова.

ФОСФОНАТ-ФОСФАТНАЯ ПЕРЕГРУППИРОВКА, изомеризация эфиров α-гидроксикалфосфоновых к-т (образуются по *Абрамова реакции*) в эфиры фосфорной к-ты:



R' = H, Alk, COOAlk, Ag и др.;

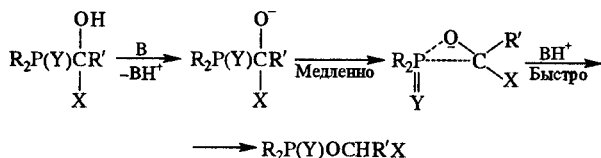
X = CN, COOAlk, C(O)Alk, P(O)(OAlk)₂ и др.

В р-цию вступают фосфонаты с электроноакцепторными заместителями у атома С, связанного с гидроксигруппой.

Р-ция экзотермична, ускоряется в присут. щелочных катализаторов (напр., алкоголята Na).

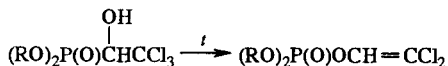
Перегруппировка, подобная Ф.-ф. п., характерна и для эфиров α-гидроксикалфосфиновых к-т, фосфиноксидов и их тиоаналогов. Склонность к перегруппировке определяется электроноакцепторным характером заместителя X и природой радикалов, связанных с атомом Р. Способность к перегруппировке уменьшается в ряду: (C₆H₅)₂P(O) > C₂H₅(C₆H₅)P(O) > C₆H₅(C₂H₅)P(O) > (C₂H₅)₂P(O) > (C₂H₅)₂N(C₂H₅)P(O) > (C₂H₅)₂P(S).

Наиб. вероятный механизм для Ф.-ф. п. и родственных ей р-ций – трехцентровое переходное состояние с внутримол. нуклеоф. замещением у тетраэдрич. атома Р:



R=AlkO, Alk, Ac; R'=H, Alk, C(O)OAlk;
Y=O, S; B – основание

Перегруппировка нек-рых полигалогенированных соед. происходит при нагр. и сопровождается дегидрогалогенированием, напр.:



Лит.: Реакции и методы исследования органических соединений, кн. 19, М., 1968; Нифантьев Э. Е., Химия гидрофосфорильных соединений, М., 1983. И. В. Коновалова.

ФОСФОНАТЫ, эфиры фосоновых к-т общей ф-лы $\text{RP(O)(OR')}_n(\text{OH})_{2-n}$, где R, R' – орг. радикал, $n = 1, 2$ (иногда к Ф. необоснованно относят любые производные фосоновых, а также тио- и селенофосоновых к-т). Ф. называют также соли фосоновых к-т.

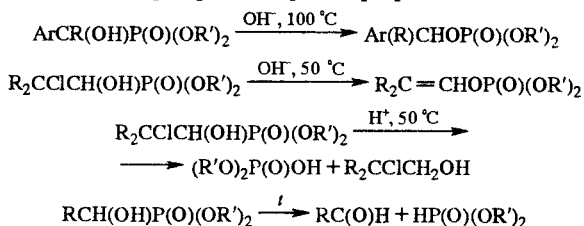
Ф. подразделяют на кислые, или первичные ($n = 1$), и полные, или вторичные ($n = 2$). Назв. Ф. включает назв. орг. радикалов (радикала) в алкоксильной группе (приводятся вначале) и назв. радикала у атома Р, к-рые являются префиксами к слову фосфонат; иногда Ф. наз. как эфиры органилфосоновых к-т [напр., $\text{PhP(O)(OH)OC}_2\text{H}_5$ – этилфенилфосфонат, или этиловый эфир фенилфосфоновой к-ты].

Ф. встречаются в природе, напр. эфиры 2-аминоэтил- и 2-метиламиноэтилфосоновых к-т обнаружены в нек-рых морских организмах (см. *Фосфолипиды*).

Ф. с низшими алкильными, алкенильными и арильными радикалами у атомов Р и О – жидкосты, перегоняющиеся в вакууме без разложения, остальные – кристаллич. в-ва или масла. Ф., как правило, раств. в орг. р-рителях, низшие – также в воде. Первичные Ф. – к-ты средней силы [напр., для $n\text{-C}_6\text{H}_4\text{P(O)(OC}_4\text{H}_9\text{)OH}$ pK_a 1,7], образуют соли с аминами. Соед. с низшими алкоксильными группами обладают выраженной алкилирующей способностью.

Конфигурация молекул Ф. – тетраэдрическая; μ $8 \cdot 10^{-30}$ – $1,57 \cdot 10^{-29}$ Кл.м. В спектрах ЯМР ^{31}P хим. сдвиги (в м.д.) 1–53. Полоса поглощения связи $\text{P}=\text{O}$ в ИК спектрах находится в области 1200–1280 см^{-1} .

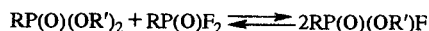
Диарилловые эфиры обычно устойчивы до 300 °С, диалкиловые выше 150 °С постепенно разлагаются, образуя кислый Ф. и олефин. При нагр. кислые Ф. диспропорционируют и дают конденсир. полифосфаты, ди-β-галогеналкиловые эфиры подвергаются гомополиконденсации; α-гидроксиалкилфосфонаты в зависимости от условий проведения р-ции и строения соед. претерпевают разл. превращения:



Большинство Ф. устойчиво к гидролизу. В водных р-рах щелочей полный гидролиз диалкилфосфонатов достигается при т-рах ок. 130 °С под давлением, в присут. к-т для этого требуется многократное кипячение. Сравнительно легко гидролизуются Ф., содержащие в β-положении алкоксильного радикала Hal, R'O и R'_2N, а также нек-рые виниловые эфиры. При щелочном гидролизе эфиров пергалоген- и α-гидроксиалкилфосоновых к-т наблюдается разрыв связи $\text{P}-\text{C}$.

Благодаря электронодонорным св-вам полные Ф. образуют устойчивые аддукты с BX_3 ($\text{X} = \text{Hal, OR}'$) и AlR'_3 . Кислые Ф. [напр., (2-этилгексил)метилфосфонат] способны связывать в прочные комплексы ионы тяжелых металлов (U, Th, Pu и др.).

При действии PCl_5 полные и кислые Ф. превращаются в хлорангидриды RP(O)(OR')Cl , при действии RC(O)F полные Ф. – во фторангидриды. При нагр. хлорангидридов RP(O)(OR')Cl с кислыми Ф. образуются пиропосфонаты $\text{RP(O)(OR')OP(O)R(OR')}$. При смешении полного Ф. и RP(O)F_2 при 100–150 °С спустя 20–30 ч устанавливается равновесие:



Ф. с активной метиленовой группой у атома Р. используют для алкенилирования карбонильных соед. (см. *Хорнера реакция*). Диэфиры α-алкенилфосоновых к-т присоединяют по кратной связи RON, RSH, HNR_2 и HP(O)(OR')_2 .

Ф. получают взаимод. RP(O)Cl_2 со спиртами, фенолами или с их Na- или K-производными (в зависимости от условий получают полные или кислые Ф.); перегруппировкой третичных фосфитов под действием RNaI (см. *Арбузова реакция*); р-цией алкилирования вторичных фосфитов (см. *Михаэлиса-Беккера реакция*); присоединением вторичных фосфитов к соед. с активированными двойными или тройными связями (см., напр., *Кабачника-Филдса реакция*); окислением (с помощью H_2O_2 , N_2O_4 и др.) эфиров фосфонистых к-т $\text{R'P(OR')}_n(\text{OH})_{2-n}$, где $n = 1-2$; этерификацией фосоновых к-т окисями олефинов, эфирами ортокарбонных к-т, третичными фосфитами, диазоалканами и спиртами (в присут. карбодиимидов или др. конденсирующих агентов); взаимод. алкилгалогенидов с RNaI_3 и AlCl_3 (см. *Кля-Киннера-Перрена реакция*).

Многие Ф. – пестициды [напр., хлорофос $\text{Cl}_3\text{CCH(OH)P(O)(OCH}_2\text{)}_2$], экстрагенты (напр., кислые 2-этилгексильные эфиры алкилфосоновых к-т), лек. ср-ва [напр., армин – этил(п-нитрофенил)этилфосфонат], ПАВ (кислые фосфонаты и их соли; см. *Алканфосфонаты*).

Лит. см. при ст. *Фосфоновые кислоты*.

Г. И. Дрозд.

ФОСФОНИЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, содержат в молекуле положительный заряженный атом Р, связанный ковалентно с орг. остатками и (или) водородом (т. наз. ион фосфония). Ф. с. имеют общую ф-лу $[\text{R}_n\text{PH}_{4-n}]^+\text{X}^-$, где R = H, Alk, Ar, алкенил, C(O)R, COOR ; X – анион (напр., Hal, OH, NO_3 , BF_4); $n = 0-4$.

Простейшие представители Ф. с. – соли фосфония $[\text{PH}_4]^+\text{X}^-$. Т. к. PH_3 представляет собой слабое основание, он образует соли только с сильными к-тами (напр., HClO_4 , HCl). Сухие соли при нагр. диссоциируют на PH_3 и HX . Перхлораты фосфония при нагр. разлагаются со взрывом.

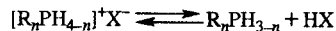
В водной среде или полярных орг. р-рителях Ф. с. обмениваются анионами с гидроксидами и алкоглатами металлов, к-тами (напр., HNO_3 , H_2SO_4) и их солями. Ф. с. образуют устойчивые комплексы с солями Pt, Au, Hg, Cd, а нек-рые и с нитратами PZn, CH_3 и галогенами.

Орг. Ф. с. подразделяют на первичные ($n = 1$), вторичные ($n = 2$) и т. д. Известны также внутр. четвертичные фосфониевые соли (фосфобетайны) типа R_3PZCOO^- , где $\text{Z} = \text{CH}_2\text{CH}_2$ и др.

Большинство орг. Ф. с. – кристаллич. соед., гидроксиды ($\text{X} = \text{OH}$) – вязкие жидкости. Ф. с. раств. в полярных орг. р-рителях и воде. Р-ры гидроксидов в воде – сильные основания; рН р-ров других Ф. с. близки к 7.

Конфигурация фосфорсодержащего катиона – тетраэдрическая. Ф. с. с 4 разл. заместителями у атома Р могут быть разделены на оптич. изомеры.

Большинство Ф. с. с $n = 0-2$ при комнатной т-ре неустойчиво; в р-рах существует равновесие:

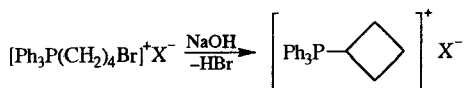
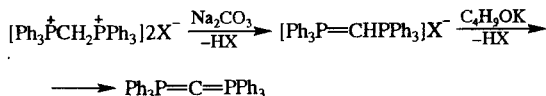
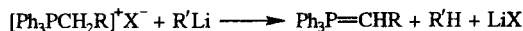


Наиб. устойчивы четвертичные Ф. с., многие из к-рых разлагаются лишь при т-рах 250–300 °С. Для галогенидов четвертичных Ф. с. осн. направление разложения – отщепление RNaI с образованием фосфинов; для четвертичных Ф. с.

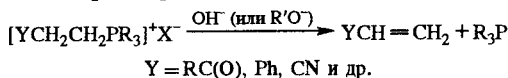
с кислородсодержащим анионом (HO^- , HSO_4^- и др.) характерно образование третичных фосфиноксидов с отщеплением одного из орг. радикалов в виде углеводорода (о разложении гидроксидов см. *Гофмана реакции*).

Щелочное разложение Ф. с. с $n = 0-3$ приводит к соответствующим фосфинам или фосфиноксидам. В присут. эквивалентного кол-ва щелочи все Ф. с., содержащие группировки $\text{XCH}_2\text{P}^{\pm}$ ($\text{X} = \text{OH}, \text{Cl}$), разлагаются до фосфинов и формальдегида; с избытком щелочи многие гидроксиметильные четвертичные Ф. с. образуют фосфиноксиды.

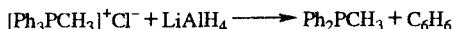
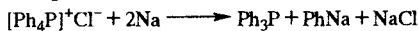
При действии литийорг. соед. на четвертичные Ф. с. типа $\text{R}_3\text{PCH}_2\text{R}^+$, а также при обработке основаниями Ф. с. $\text{R}_3\text{PCH}_2\text{Y}$ (Y – электроноакцепторная группа) образуются алкилиденфосфораны; в этих же условиях галогениды 4-бромбутилфосфония дают циклобутильные Ф. с., напр.:



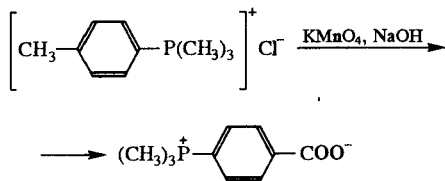
β -Элиминирование (обычное для солей аммония) наблюдается для Ф. с. в тех случаях, когда карбкатион, образующийся в результате атаки гидроксидом или алкоксидом, стабилизируется благодаря сопряженным связям, напр.:



При действии Na , K , LiAlH_4 Ф. с. восстанавливаются до фосфинов, напр.:



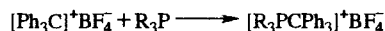
Известно большое число р-ций с участием орг. заместителей при атоме Р и входящих в их состав функц. групп. Так, гидроксисилкильные группы в Ф. с. при действии SOCl_2 или PCl_5 превращаются в хлоралкильные, а при обработке ангидридами карбоновых к-т – в сложноэфирные. Окисление нек-рых Ф. с. с ароматич. радикалами ведет к фосфобетайнам, напр.:



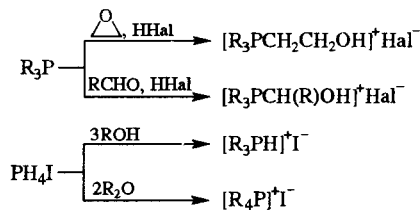
Общий метод получения Ф. с. типа $[\text{R}_n\text{H}_{4-n}\text{P}]^+\text{Hal}^-$ – взаимодействие фосфинов с RHal ($\text{Hal} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$). Низшие алкилиодиды и третичные фосфины реагируют при обычных условиях; при вовлечении в р-цию RHal с объемными радикалами процесс ведут в полярных р-рителях при нагревании; AgHal вступают в р-цию в присут. катализаторов – галогенидов Al , Fe , Cu , Ni , Co или Zn . Образующиеся галогениды фосфония легко м. б. превращены в гидроксиды обработкой влажной Ag_2O , а в Ф. с. с др. анионами – путем ионного обмена.

Четвертичные Ф. с. можно также получать алкилированием с помощью RHal алкилгалогенфосфинов (в присут. белого Р), алкилиденфосфоранов, красного Р, P_2I_4 , фосфидов Hg и щелочных металлов.

Ф. легко получают при взаимодействии фосфинов с соед., образующими в р-рах карбкатионы, напр.:



Третичные фосфины м. б. проалкилированы также альдегидами или эпоксидами (в присут. к-т), а RPH_2 , красный Р и фосфиды щелочных металлов – с помощью спиртов и простых эфиров, напр.:



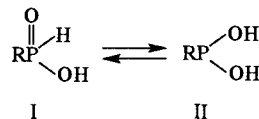
Ф. с. получают также взаимодействием RMgHal с галогенидами 5-координац. Р и действием HNaI на пентакарбофосфораны. Фосфобетайны синтезируют действием NaOH или $\text{Ag}_2\text{O}/\text{H}_2\text{O}$ на Ф. с. типа $[\text{R}_3\text{PCH}_2\text{C(O)R}']^+\text{X}^-$ или взаимодействием третичных фосфинов с сульфонами, CS_2 , RNCS , $\text{RCH} = \text{CHCOOH}$ и др. соед., содержащими активир. кратные связи.

Ф. с. – инсектициды и гербициды [напр., трибутил(2,4-дихлорбензил)фосфонийхлорид, или «фосфон Д», – гербицид и дефолиант], средства борьбы с молью [действующее начало – 3,4-дихлорбензил(трифенил)фосфонийхлорид], антипирены для текстиля и бумаги, бактерицидные пропитки [осн. компонент – тетра(гидроксиметил)фосфонийхлорид], эмульгаторы, реактивы в цветной фотографии, ингибиторы коррозии, реагенты в орг. синтезе. Среди Ф. с. известны соед. с бактерицидной и ретардантной (тормозят рост растений) активностью. Нек-рые полифосфониевые соед. – ганглиоблокаторы.

Лит.: Пурдела Д., Выхану Р., Химия органических соединений фосфора, пер. с рум., М., 1972, с. 217–64; Beck P., в кн.: Organic phosphorus compounds, eds. G. Kosolapoff, L. Maier, v. 2, N. Y., 1972, p. 189.

Г. И. Дрозд.

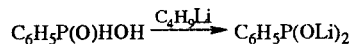
ФОСФОНИСТЫЕ КИСЛОТЫ, существуют в виде двух таутомерных форм:



Таутомерное равновесие сильно смещено в сторону гидрофосфорильной формы (I), в связи с чем Ф. к. обычно проявляют св-ва одноосновных к-т. Эфиры и соли Ф. к. наз. фосфонитами.

Ф. к. – жидкости или твердые в-ва; раств. в орг. р-рителях, низшие Ф. к. раств. в воде и являются к-тами средней силы [напр., для $\text{C}_6\text{H}_5\text{P(O)OH}$ pK_a 1,53]. В спектрах ЯМР ^{31}P для Ф. к. характерен дублет в области 15–40 м.д.; константа спин-спинового взаимодействия. 400–500 Гц.

С основаниями Ф. к. образуют соли типа $[\text{RP(O)HO}]^-\text{M}^+$ ($\text{M} = \text{Na}, \text{K}, \text{Li}, \text{NH}_4$), при взаимодействии с избытком литийорг. соед. возможно получение дисолей, напр.:

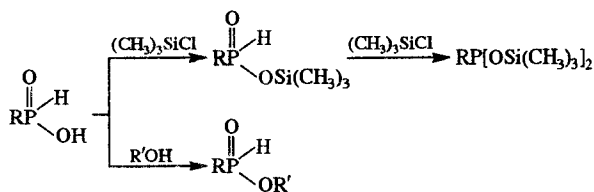


При нагрев. Ф. к. диспропорционируют:

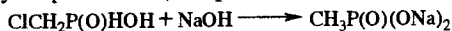


Эту р-цию используют как лаб. метод синтеза первичных фосфинов. Ф. к. легко окисляются до фосфоновых к-т, фосфорилируют амины по схеме *Тодда–Атертона реакции*. При взаимодействии Ф. к. с PCl_3 образуются органидихлорфосфины, с PCl_5 и SO_2Cl_2 – дихлорангидриды фосфоновых к-т. Ф. к. в виде гидрофосфорильных соед. вступают в р-ции Абрамова, Кабачника–Филдса и родственные процессы с образованием

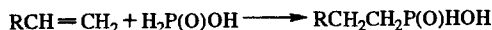
функциональнозамещенных фосфиновых к-т, легко силилируются и этерифицируются:



α -Замещенные Ф.к. при взаимодействии с нуклеофилами могут не только обменивать заместитель на остаток нуклеофила, но и перегруппировываться, напр.:



Получают Ф.к. гидролизом их производных (напр., хлорангидридов) и гомолитич. гидрофосфорилированием олефинов, напр.:



Ф.к. используют как реагенты в синтезе, нек-рые из них применяются в качестве пестицидов.

Лит.: Нифантьев Э.Е., *Химия фосфорорганических соединений*, М., 1971, с. 104-109; Нифантьев Э.Е., *Химия гидрофосфорилированных соединений*, М., 1983. Э.Е. Нифантьев.

ФОСФОНИТЫ, соли и эфиры фосфонистых к-т. Иногда к Ф. относят любые производные этих к-т. Эфиры — соед. общей ф-лы $\text{RP}(\text{OR}')_n(\text{OH})_{2-n}$, где R, R' — орг. радикалы; $n = 1, 2$. Их подразделяют на средние ($n = 2$) и кислые ($n = 1$) Ф. Средние Ф. — соед. P(III), молекулы кислых Ф. содержат атом P(IV). Большинство средних и кислых Ф. — жидкости; перегоняются в вакууме; при длит. нагревании и хранении разлагаются; раств. в диэтиловом эфире, бензоле и др. углеводородах.

Средние Ф. образуют комплексы с солями переходных металлов; в воде частично гидролизуются; спиртами переэтерифицируются; легко окисляются и присоединяют S и Se; вступают в р-ции окислит. иминирования; обмениваются заместителями с др. производными P(III) (галогенидами, эфирами и др.); активно реагируют с Cl_2 с образованием органич. хлорфосфонатов $\text{RP}(\text{O})(\text{OR}')\text{Cl}$; при действии RNaI претерпевают перегруппировку (см. *Арбузова реакция*, *Перкова реакция*); реагируют с ненасыщ. альдегидами, кетонами и к-тами с образованием фосфинатов, напр.:



Хим. св-ва кислых Ф. типичны для гидрофосфорилированных соединений.

Средние Ф. обычно получают р-цией галогенфосфонитов $\text{RP}(\text{OR}')\text{Cl}$ и RPHa_2 со спиртами или меркаптанами в присут. оснований; действием алкоксисиланов на RPHa_2 ; этерификацией спиртами амидов фосфонистых к-т; действием RMgHal на фосфиты $(\text{RO})_2\text{P}$ или $(\text{RO})_2\text{PNa}$.

Кислые Ф. получают обработкой спиртами дигалогенфосфинов (в отсутствие акцепторов HNaI), фосфонистых к-т или их ангидридов; частичным гидролизом средних Ф. или амидоэфиров $\text{RP}(\text{OR}')\text{NR}_2$; присоединением олефинов к алкилгипофосфитам (в присут. пероксидов); гидролизом эфирохлорангидридов.

Лит.: Нифантьев Э.Е., *Химия фосфорорганических соединений*, М., 1971, с. 104; его же, «Успехи химии», 1978, т. 47, в. 9, с. 1565-608; Cadogan J., Mackie R., «Chem. Soc. Revs.», 1974, в. 3, р. 87.

Г.И. Дрозд.

ФОСФОНОВЫЕ КИСЛОТЫ, соед. общей ф-лы $\text{RP}(\text{O})(\text{OH})_2$, где R — орг. радикал, связанный с атомом P связью C—P.

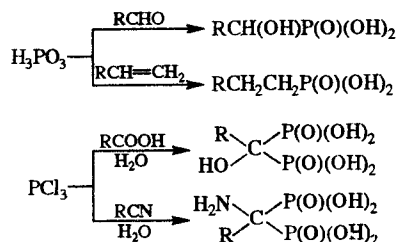
Ф.к., как правило, гигроскопичные бесцв. кристаллы с четкими т-рами плавления; раств. в воде и полярных орг. р-рителях. Ф.к. — двухосновные к-ты средней силы; склонны к димеризации. Для многих из них значения pK_1 находятся в области 1,1-2,8, pK_2 3,9-8,5.

В спектрах ЯМР ^{31}P хим. сдвиги для Ф.к. лежат в области 5-31 м. д., полосы поглощения связи $\text{P}=\text{O}$ в ИК спектрах — в области 1150-1220 cm^{-1} .

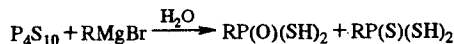
С основаниями Ф.к. образуют кислые и средние соли (эфиры и соли Ф.к. наз. фосфонатами). Ф.к., содержащие пергалогеналкильные и нек-рые замещенные ароматич. радикалы, реагируют с избытком щелочи с разрывом связи P—C. При длит. нагревании Ф.к. отщепляют H_2O и образуют олигоконденсир. соединения.

Ф.к. этерифицируются только в присут. катализаторов (напр., карбодиимидов). Моно- или диэфиры образуются при действии на Ф.к. диазотканов, эпоксидов, азиридинов. При действии PCl_5 , SOCl_2 или SF_4 образуются соответствующие дигалогенангидриды. Нагревание Ф.к. с их дихлорангидридами приводит к ангидридам Ф.к.

Обычно Ф.к. получают гидролизом $\text{RP}(\text{O})\text{X}_2$ ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{OR}, \text{SR}, \text{NR}_2$; $\text{X}_2 = \text{O}$), окислением первичных фосфинов или фосфонистых к-т, при взаимодействии фосфористой к-ты с олефинами или карбонильными соед., а также в р-циях PCl_3 с нитрилами, карбоновыми к-тами, альдегидами и кетонами, напр.:



Аналоги Ф.к., содержащие атомы S или Se, — обычно малоподвижные жидкости, склонные к разложению при повышенных т-рах и в водных р-рах; они обладают несколько более высокой кислотностью, чем их кислородные аналоги. Многие их св-ва и способы получения такие же, как описаны выше. Специфич. способ синтеза ди- и тритиофосфоновых к-т — взаимодействие P_4S_{10} с реактивом Гриньяра с послед. гидролизом:



Тио- и селенофосфоновые к-ты используют в препаративной практике.

Большинство Ф.к. не обладает значит. физиол. активностью. Нек-рые из них, напр. фосфономицин (ф-ла I), активны против внекишечных гельминтозов и проказы; фосфонуксусная к-та $\text{HOOCCH}_2\text{P}(\text{O})(\text{OH})_2$ обладает выраженной активностью по отношению к нек-рым вирусам.

О применении Ф.к. см. *Нитрилотриметиленфосфоновая кислота* и *Оксиэтилидиендифосфоновая кислота*.

Лит.: Нифантьев Э.Е., *Химия фосфорорганических соединений*, М., 1971, с. 233-59; Freedman L., Doak G., «Chem. Revs.», 1957, в. 57, № 3, р. 479-523; Worms K., Schmidt-Dunker M., в кн.: *Organic phosphorus compounds*, eds. G. Kosolapoff, L. Maier, v. 7, N. Y., 1976, p. 1-486.

Г.И. Дрозд.

ФОСФОР (от греч. *phōsphōros* — светоносный; лат. *Phosphorus*) Р, хим. элемент V гр. периодич. системы; ат. номер 15, ат. м. 30,97376. Имеет один устойчивый нуклид ^{31}P . Эффективное сечение захвата тепловых нейтронов $18 \cdot 10^{-30} \text{ м}^2$. Конфигурация внеш. электронной оболочки атома $3s^2 3p^3$; степени окисления -3, +3 и +5; энергия последоват. ионизации при переходе от P^0 до P^{5+} (эВ): 10,486, 19,76, 30,163, 51,36, 65,02; средство к электрону 0,6 эВ; электроотрицательность по Полингу 2,10; атомный радиус 0,134 нм, ионные радиусы (в скобках указаны координац. числа) 0,186 нм для P^{3+} , 0,044 нм (6) для P^{3+} , 0,017 нм (4), 0,029 нм (5), 0,038 нм (6) для P^{5+} .

Среднее содержание Ф. в земной коре 0,105% по массе, в воде морей и океанов 0,07 мг/л. Известно ок. 200 фосфорных

минералов, все они представляют собой фосфаты. Из них важнейший – *апатит*, к-рый является основой *фосфоритов*. Практич. значение имеют также монацит CePO_4 , ксенотим YPO_4 , амблигонит $\text{LiAlPO}_4(\text{F}, \text{OH})$, трифилин $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Mn})\text{PO}_4$, торбернит $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, отунит $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, вивианит $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, пироморфит $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, бирюза $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH}) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Свойства. Известно св. 10 модификаций Φ , из них важнейшие – белый, красный и черный Φ . (техн. белый Φ наз. желтым Φ). Единой системы обозначений модификаций Φ нет. Некоторые св-ва важнейших модификаций сопоставлены в табл. Термодинамически устойчив при нормальных условиях кристаллич. черный Φ . (Р I). Белый и красный Φ метастабильны, но вследствие малой скорости превращения могут практически неограниченное время сохраняться при нормальных условиях.

СВОЙСТВА ВАЖНЕЙШИХ МОДИФИКАЦИЙ ФОСФОРА

Показатель	Белый Р III	Красный Р II	Черный Р I
Сингония	Кубич.	Моноклинная	Ромбич.
Параметры элементарной ячейки:			
a , нм	1,851	1,02	0,33136
b , нм	—	0,936	0,4376
c , нм	—	2,51	1,0478
β , град	—	118,8	—
z	224	84	8
Пространств. группа	$R\bar{3}m$	$P2_1/c$	$Cmca$
Плотн., г/см ³	1,828	2,31	2,702
Т. пл., °C	44,14	593*	1000*
Т. возг., °C	287*	429	453
C_p , Дж/(моль · К)	23,8	21,2	21,6
$\Delta H_{пл}$, кДж/моль	0,66	25,96	—
$\Delta H_{возг}$, кДж/моль	13,1*	128,6	53,75
$\Delta H_{обр}$, кДж/моль	0	-17,4	-39,35
S_{298}^0 , Дж/(моль · К)	41,1	22,85	22,7
Теплопроводность, Вт/(м · К)	0,56	—	—
Температурный коэф. линейного расширения, К ⁻¹	$3,76 \cdot 10^{-6}$	—	—
ρ , Ом · м	$15,4 \cdot 10^{-8}$	10^7-10^{12}	0,015
Температурный коэф. ρ , К ⁻¹	$45,6 \cdot 10^{-3}$	—	$7,7 \cdot 10^{-3}$
Ширина запрещенной зоны, эВ	2,1	1,55	0,33
Магн. восприимчивость, $\kappa \cdot 10^{-9}$	-0,86	-0,67	-0,27

* Под давлением. * Т-ра кипения. * $\Delta H_{исп}$.

Белый Φ . (α , Р III) образуется при конденсации паров и затвердевании расплава. Это белая прозрачная воскообразная масса (при охлаждении становится хрупкой) или прозрачные кристаллы, из-за высокой дисперсии света и большого показателя преломления похожие на алмазы. При -76,9 °C он превращается в β -модификацию белого Φ . (Р IV) с плотн. $1,88 \text{ г/см}^3$ с гексагон. [по др. данным, с ромбич. или кубич. ($a = 0,734 \text{ нм}$)] кристаллич. решеткой; ΔH перехода III \rightarrow IV $0,522 \text{ кДж/моль}$. В структуре белого Φ содержатся тетраэдрич. молекулы P_4 . В α -Р они могут свободно вращаться, в β -Р этого нет. Такие же молекулы наблюдаются в расплаве и парах Φ . Только выше $\sim 800^\circ\text{C}$ начинается диссоциация на молекулы P_2 . При конденсации таких паров при -190 °C образуется неустойчивая модификация – коричневый Φ , состоящий, по-видимому, из молекул P_2 . Выше -100 °C он превращается в смесь белого и красного (Р II) Φ .

Зависимость давления пара белого Φ . от т-ры: для твердого $\lg p$ (мм рт. ст.) = $19,0925 - 35291,4/T - 3,5 \lg T$ (273–317 К); для жидкого $\lg p$ (мм рт. ст.) = $4,512 - 2660/T + 1,243 \lg T$ (317,3–530 К). Расплав белого Φ . очень легко переохлаждается. Плотн. расплава $1,749 \text{ г/см}^3$.

Нагревание (без доступа воздуха) выше $\sim 180^\circ\text{C}$ разрушает систему связей групп P_4 , в результате чего начинается полимеризация, приводящая к превращению в красный Φ . Описан целый ряд разновидностей красного Φ , различающихся по цвету – от оранжевого и ярко-красного до коричневого и черно-фиолетового, по плотности (2,0–2,4 г/см³), т-ре плавления (585–610 °C) и т. п. При 250–300 °C образуется амор-

фный красный Φ . (γ -Р) с плотн. $2,16 \text{ г/см}^3$; при 360–450 °C – моноклинный красный Φ . (Р II, δ -Р); при $\sim 500^\circ\text{C}$ – другая моноклинная модификация, также образующаяся при нагр. белого Φ . с Рb или Bi (т. наз. Φ . Гитторфа, фиолетовый Φ .) с параметрами решетки $a = 0,924 \text{ нм}$, $b = 0,921 \text{ нм}$, $c = 2,23 \text{ нм}$, $\beta = 107,4^\circ$. При длит. нагревании при $\sim 600^\circ\text{C}$ образуется кубич. красный Φ . (пространств. группа $R\bar{3}m$, $a = 1,131 \text{ нм}$, $z = 66$, плотн. $2,35 \text{ г/см}^3$). Описаны также триклинный, тетрагон., гексагон. красный Φ . и др. Превращение Φ . белый \rightarrow Φ . красный ускоряется при действии УФ облучения, а также в присут. примесей I_2 , S, Se и т. д. В структуре красного Φ . существуют связанные между собой бесконечные цепи из тетраэдров P_4 . В этой структуре м. б. выделены группировки P_8 и P_9 . При испарении и плавлении красного Φ . (при атм. давлении он сублимируется и м. б. расплавлен при давлении 4,5 МПа) образуются молекулы P_4 . Ур-ние зависимости давления пара твердого красного Φ . от т-ры: $\lg p$ (мм рт. ст.) = $14,207 - 6300/T + 3,298T + 0,156 \lg T$ (298–866 К).

При давлении более 1,2 ГПа белый Φ . переходит в кристаллич. черный Φ . (Р I, ϵ -Р). Для перехода красного Φ . требуется более высокое давление (2,5 ГПа), нагревание до $\sim 200^\circ\text{C}$ облегчает переход. При меньших давлениях образуется аморфный черный Φ . (i -Р) с плотн. $2,25 \text{ г/см}^3$. Кристаллич. черный Φ . может быть получен и при атм. давлении – длит. нагреванием красного Φ . с ртутью при $\sim 300^\circ\text{C}$ в присут. затравки. Черный Φ . графитоподобный, его структура состоит из слабо связанных между собой гофрированных слоев. При атм. давлении черный Φ . возникает без плавления, ур-ние зависимости давления пара от т-ры $\lg p$ (мм рт. ст.) = $13,36 - 7560/T$. Плавится он при $\sim 1000^\circ\text{C}$ под давлением 1,8 ГПа, экстраполяция на атм. давление дает т. пл. 606°C . При нагр. черный Φ . при давлении собств. паров при 560–580 °C превращается в красный.

При давлении 8,6 ГПа образуется Φ . V с ромбоэдрич. структурой типа α -As с плотн. $3,56 \text{ г/см}^3$ (пространств. группа $R\bar{3}m$, $z = 2$, $a = 0,3524 \text{ нм}$, $\alpha = 57,25^\circ$). При 10 ГПа он переходит в модификацию VI с кубич. структурой типа NaCl ($a = 0,2377 \text{ нм}$, $z = 1$) с плотн. $3,83 \text{ г/см}^3$. Есть указания на существование при высоких давлениях и др. модификаций Φ .

Белый и красный Φ . – диэлектрики, черный Φ . – полупроводник, модификации высокого давления, по-видимому, обладают металлич. св-вами. Сверхпроводимость наблюдается у модификаций Р V и Р VI ниже соотв. 4,7–6 К и 7,5–10 К (в зависимости от давления).

Белый Φ . очень активен. При переходе к красному и особенно черному Φ . хим. активность резко снижается. Белый Φ . на воздухе светится в темноте, с чем исторически связано его назв. (греч. *phosphóros* – светоносный). Свечение обусловлено окислением (с образованием низших оксидов) паров Φ . – белый Φ . обладает заметной летучестью даже при низких т-рах. Мелкодисперсный белый Φ . самовоспламеняется на воздухе, для компактного т. воспл. 34–50 °C. В воде он почти не раств. ($3 \cdot 10^{-4}\%$ при 15 °C), очень хорошо раств. в CS_2 (89,8% при 10 °C), раств. в PCl_3 , POCl_3 , жидких SO_2 , NH_3 , мало раств. в этаноле (0,31%), диэтиловом эфире (1,04%), бензоле (3,2%), CCl_4 (1,27%), глицерине (0,17%), уксусной к-те ($\sim 1\%$), ксилоле. Для красного и черного Φ . р-рители не найдены.

Красный Φ . при комнатной т-ре окисляется медленно, но нек-рые его образцы могут самовоспламеняться из-за присут. следов белого Φ , а также наличия высокоактивного аморфного Φ . по границам зерен. Т. воспл. красного Φ . 210 °C (черного Φ . ок. 500 °C), но большие кол-ва красного Φ . при длит. хранении на воздухе могут загораться из-за повышения т-ры вследствие окисления.

При горении Φ . образуется оксид P_4O_{10} (или P_2O_5 , см. *Фосфора оксиды*). С парами воды Φ . реагирует под давлением при 600–900 °C в присут. катализаторов (Pt, Cu и др.) с вытеснением H_2 и образованием H_3PO_4 (см. *Фосфорная кислота*). Р-ры неокисляющих минеральных к-т на Φ . не действуют, HNO_3 окисляет его до H_3PO_4 . При нагр. Φ . с р-рами щелочей выделяется *фосфин* PH_3 . Белый Φ . реагирует с

р-рами солей электроположит. металлов (Cu, Pb, Ag и др.), вытесняя их из р-ров с образованием фосфидов. Красный и черный Ф. этой способностью не обладают.

С водородом Ф. в обычных условиях не реагирует. Его гидриды (фосфины) получают косвенным путем. С фтором и белым и красным Ф. реагируют со взрывом. Белый Ф. воспламеняется в атмосфере хлора и паров брома, красный реагирует спокойно. Р-ция с иодом у белого Ф. идет даже при охлаждении, тогда как у красного – при нагревании. Во всех случаях образуются разл. фосфора галогениды. При нагр. Ф. в атмосфере галогеноводородов образуются фосфин и соли фосфония.

Пары Ф. реагируют с азотом в электр. разряде или на накаленной вольфрамовой нити с образованием смеси аморфных нитридов P_3N_5 и PN . Обычно нитрид P_3N_5 (оранжево-коричневого цвета с плотн. 2,6 г/см³) получают взаимод. P_4S_{10} с NH_3 при нагревании. При его термич. разложении при $\sim 800^\circ C$ м.б. получен полимерный низший нитрид PN_x переменного состава ($x = 0,7$ до 1,19). Нитриды Ф. инертны, холодная вода на них не действует, они не разлагаются при нагр. в р-рах HCl, разб. HNO_3 , р-рах щелочей, не реагируют с хлором, на воздухе начинают окисляться выше $250^\circ C$. Нитрид P_3N_5 используют как газополнитель в лампах накаливания и в галогенных лампах, для легирования кремния в технологии полупроводниковых материалов.

Белый Ф. при сплавлении с серой при т-рах до $\sim 100^\circ C$ образует систему эвтектич. типа с ограниченными твердыми р-рами, выше $\sim 230^\circ C$ компоненты реагируют с образованием серии сульфидов. Тетрафосфора трисульфид P_4S_3 – лимонно-желтые кристаллы ромбич. сингонии ($a = 1,063$ нм, $b = 0,969$ нм, $c = 1,372$ нм, $z = 8$, пространств. группа Pmb); т. пл. $172^\circ C$, т. кип. $407^\circ C$; плотн. 2,03 г/см³; $C_p^\circ 162,6$ Дж/(моль·К); $\Delta H_{66}^\circ -130$ кДж/моль; $S_{298}^\circ 203,3$ Дж/(моль·К); т. воспл. $80-89^\circ C$; горячей водой медленно разлагается; хорошо раств. в CS_2 (50% при $17^\circ C$), раств. в бензоле (2,5%), толуоле (3%); получают взаимод. желтого или красного Ф. и серы выше $250^\circ C$ в атмосфере CO_2 ; очищают перегонкой или перекристаллизацией из CS_2 ; компонент закигат. смеси для спичечных коробок. Тетрафосфора декасульфид P_4S_{10} (или P_2S_5 , пентасульфид) – серовато-желтые кристаллы триклинной сингонии ($a = 0,907$ нм, $b = 0,918$ нм, $c = 0,919$ нм, $\alpha = 92,4^\circ$, $\beta = 101,2^\circ$, $\gamma = 110,5^\circ$, $z = 2$, пространств. группа $P1$); т. пл. $288^\circ C$, т. кип. $514^\circ C$; плотн. 2,09 г/см³; $C_p^\circ 296$ Дж/(моль·К); $\Delta H_{66}^\circ -364$ кДж/моль; $S_{298}^\circ 381,7$ Дж/(моль·К); гигроскопичен, разлагается горячей водой; мало раств. в CS_2 ; реагирует со спиртами и др. орг. р-рителями; получают аналогично P_4S_3 ; используют в синтезе фторореагентов, антикоррозионных добавок к смазочным маслам, инсектицидов и др. Известны также P_4S_5 и P_4S_7 и моносульфид PS (аморфный и кристаллический), а также селенид P_4Se_3 и теллурид Te_2P_2 .

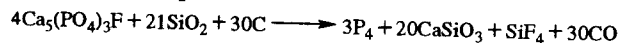
Пары Ф. реагируют с углеродом только выше $2000^\circ C$. Косвенным путем, нагр. р-цией PCl_3 с $Mg_2C_2I_2$, можно получить карбид P_2C_6 – светло-желтая аморфная масса, не взаимод. с водой, р-рами к-т и щелочей, но загорается на воздухе при самом слабом нагревании. С CO_2 Ф. реагирует выше $650^\circ C$ с образованием CO и паров низших оксидов Ф. С CO не реагирует.

С кремнием пары Ф. взаимод. выше $1000^\circ C$ с образованием желто-коричневого силицида SiP, устойчивого до $1100^\circ C$. Взаимод. гидридов PH_3 и SiH_4 получен Si₂P голубовато-черного цвета. Силициды Ф. устойчивы на воздухе, гидролизуются горячей водой, разлагаются р-рами щелочей, а также минеральных к-т при нагревании. С бором, а также со всеми металлами, кроме Sb и Bi, Ф. реагирует при нагр. с образованием фосфидов.

Ф. большей частью образует ковалентные связи как с одноклеточными атомами, так и с атомами др. элементов. Редкое исключение – частично ионные связи в нек-рых фосфидах. Обычно наблюдаются простые σ -связи. Часто образуются полимеры с такими связями (элементарный Ф., оксиды, полифосфаты и др.). Важнейшим соед. Ф. посвящены отдель-

ные статьи (см. *Фосфора кислоты, Фосфаты неорганические, Фосфорорганические соединения* и др.).

Получение. Ф. получают восстановлением фосфоритов или апатита коксом в присут. SiO_2 в электропечах при $1300-1500^\circ C$ по р-ции:



Образующиеся пары Ф. конденсируются на охлаждаемой пов-сти в виде белого (желтого) Ф. и собираются под слоем нагретой воды ($60^\circ C$). В случае присутствия в шихте оксидов железа в качестве побочного продукта получается феррофосфор – сплав фосфидов Fe_2P и Fe_3P .

Красный Ф. получают нагреванием белого без доступа воздуха в течение неск. часов при $375-400^\circ C$.

Очищают белый Ф. отстаиванием или фильтрованием расплава, переплавкой под слоем разб. хромовой смеси, обработкой 10–20%-ным р-ром KOH при $90-100^\circ C$, 50%-ной H_2SO_4 и деионизированной водой при $41-50^\circ C$, сублимацией или перегонкой в вакууме либо перегонкой с водяным паром в атмосфере CO_2 , высокотемпературной обработкой паров ($900-1200^\circ C$) на кварцевой насадке, зонной плавкой. Кристаллы белого Ф. получают испарением р-рителя из его р-ров в CS_2 или бензоле.

Красный Ф. очищают обработкой 3–5%-ными водными р-рами минеральных к-т при $70^\circ C$, кипячением с 7%-ным р-ром щелочи, а затем кипячением с деионизированной водой. Ф. высокой чистоты получают гидридным методом – термич. разложением очищенного ректификацией фосфина.

Определение. Известные р-ции обнаружения и определения Ф. в осн. относятся к ортофосфатным ионам. Для качества обнаружения преим. применяют р-цию образования при действии молибдата аммония в азотнокислой среде желтого осадка (или желтого окрашивания р-ра) фосфоромолибдата аммония. Действие молибдата аммония в присут. бензидина или нек-рых др. восстановителей дает синее окрашивание (используют в виде капельной р-ции на Ф.). Аналогичная р-ция применяется для проявления пятен разл. фосфатов в бумажной хроматографии.

Наиб. употребительный гравиметрич. способ определения Ф. (если он находится в низших степенях окисления, его предварительно окисляют) – вышеуказанная р-ция осаждения фосфоромолибдата аммония с послед. переосаждением в виде $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ и прокаливанием осадка до $Mg_2P_4O_7$ (весовая форма).

Титриметрич. фосфоромолибдатный метод заключается в осаждении фосфоромолибдата аммония, растворении осадка в титрованном р-ре щелочи и титровании его избытка р-ром к-ты. Близок к нему гидрооксихинолиномолибдатный метод – осаждение фосфоромолибдата 8-гидрооксихинолином с послед. растворением в щелочи и кислотным титрованием. Известны методы прямого титрования фосфатов солями разл. металлов (Ag, Pb, Bi, Ce и др.), а также методы осаждения нерастворимых фосфатов (Ag, Bi и т. п.) с послед. титриметрич. определением металлов.

Наиб. употребляемые фотометрич. методы определения Ф. основаны на р-ции образования желтого фосфоромолибденового комплекса или его восстановленной формы синего цвета.

Применяют разл. физ. методы определения Ф.: спектральные, атомно-адсорбционный, люминесцентный, ЯМР, радиоактационный и др. Для отделения Ф. от др. элементов чаще всего используют экстракционные методы. Для разделения разл. фосфатных анионов обычно применяют бумажную хроматографию.

Применение. Осн. долю всего добываемого Ф. ($\sim 90\%$) используют для получения P_2O_5 и т. наз. термической фосфорной к-ты, применяемой в произв. разл. фосфорных удобрений и разнообразных фосфатов, в т. ч. для животноводства (минеральных подкормок). Используют Ф. также для получения разнообразных фосфорсодержащих неорг. и орг. соединений. Белый Ф. применяют в качестве дымообразующего и закигат. ср-ва, для изготовления трассирующих боеприпасов.

Красный Ф. используют в спичечной пром-сти как осн. компонент обмазки зажигаг. пов-сти спичечных коробков, как компонент термопластичных композиций, в произ-ве ламп накаливания – как газопоглотитель.

В металлургии Ф. применяют как раскислитель при получении нек-рых сплавов, напр. хромаля, как легирующую добавку (фосфористый чугун содержит до 0,8% Р, нек-рые стали до 0,3% Р, фосфористая бронза до 1,2% Р), как компонент припоев и антифрикционных сплавов, магнитомягких сплавов, для фосфатирования пов-сти стальных изделий с целью увеличения их коррозионной стойкости, для получения ферромагн. пленок в элементах памяти вычислит. машин. Ф. высокой чистоты используют для получения полупроводниковых фосфидов, в осн. типа $A^{III}B^V$.

Мировое произ-во Ф. (без стран СНГ) ок. 1 млн. т в год. Осн. производители – США, Германия, Нидерланды, Канада.

Белый Ф. очень ядовит – смертельная доза для человека 0,05–0,15 г. Симптомы острого отравления: желудочно-кишечные расстройства, сердечная недостаточность. При хронич. отравлении происходит изменение костей, в частности омертвление челюстей. Попадая на кожу, белый Ф. воспламеняется, давая тяжелые ожоги. ПДК в воздухе рабочей зоны 0,03 мг/м³. Хранят белый Ф. под слоем воды или незамерзающего р-ра ($CaCl_2$ или $NaCl$, $ZnCl_2$) в темноте.

Красный Ф. менее токсичен, но его пыль может вызывать хронич. отравление, а также пневмонию, поражение кожи. Т.к. красный Ф. может воспламеняться, в частности, при трении и ударе, разбивать его слитки рекомендуется орудиями из тефлона. Черный Ф. не токсичен, может обрабатываться без особых предосторожностей.

Ф. получил в 12 в. арабский алхимик Ахад Бехиль. В Европе Ф. впервые был получен Х. Брандом в 1669.

Лит.: Везер В.-Дж., Фосфор и его соединения, пер. с англ., М., 1962; Астахов К.В., Фосфор, М., 1972; Аналитическая химия фосфора, М., 1974; Ершов В.А., Технология производства фосфора, Л., 1978; Технология фосфора, Л., 1979; Корбридж Д., Фосфор. Основы химии, биохимии, технологии, пер. с англ., М., 1982; Миллер Т.Н., Витола А.А., Неорганические соединения фосфора с азотом, Рига, 1986; Физико-химические и технологические основы процесса получения красного фосфора, М., 1987.

П.И. Федоров.

ФОСФОРА ГАЛОГЕНИДЫ, тригалогениды PX_3 , пентагалогениды PX_5 ($X = F, Cl, Br$), смешанные галогениды, напр. $PClF_2$, PCl_2F_3 , окси- POX_3 и тиагалогениды PSX_3 , низшие галогениды – галогениды Р(II), напр. P_2Cl_4 , P_2I_4 . Св-ва Ф. г. приведены в табл. PCl_3 , PBr_3 , $POCl_3$, $PSCl_3$, P_2Cl_4 – бесцв. жидкости; PI_3 – красные кристаллы гексагон. сингонии; PCl_5 –

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ГАЛОГЕНИДОВ ФОСФОРА

Соединение	Т. пл., °С	Т. кип., °С	Плотн., г/см ³	S^0_{298} , Дж/(моль·К)	$\Delta H^0_{обр}$, кДж/моль	S^0_{298} , Дж/(моль·К)
PF_3	-151,5	-101,5	3,907 г/л	58,69	-957,4	272,95
PCl_3	-90,34	75,3	1,57	71,59	-289,5	311,60
PBr_3	-40,5	175,3	2,87	—	-175,7 ^б	57,4 ^б
PI_3	61,0	Разлагается	3,89	—	-46,0 ^а	—
PF_5	-93,75	-84,55 ^а	5,805 г/л	84,70	-1593,3	300,92
PCl_5	160	159 ^а	2,11	113,32	-376,0	367,11
PBr_5	—	106 (с разл.)	3,57	—	-230,0 ^а	—
$PFCl_4$	-60,0	—	—	107,85	-646,1	357,89
$PClF_4$	-132	—	—	93,0	-1365,0	326,76
PCl_2F_3	-125	10	5,4 г/л	97,35	-1122,1	335,33
PBr_2F_3	-20	—	—	—	—	—
POF_3	39,8	-40,15	3,7 ^б	68,87	-1252,0	285,31
$POCl_3$	1,18	107,2	1,65	84,35	-568,4	324,5
$POBr_3$	55,0	192	2,82	—	-479,5 ^а	—
$PSCl_3$	-36,2 (α-форма)	125	1,63	—	—	—
	-40,8 (β)	—	—	—	—	—
P_2Cl_4	-28,0 (с разл.)	—	—	—	—	—
P_2I_4	126,1	—	4,18	—	—	—

^а Для газа. ^б Для жидкости. ^в Для кристаллов. ^г Т-ра возгонки. ^д Относительно воздуха.

бесцв. зеленоватые кристаллы тетрагон. сингонии; $POBr_3$ – бесцв. кристаллы; PBr_5 – красновато-желтые кристаллы ромбич. сингонии; P_2I_4 – оранжевые кристаллы триклинной сингонии, т. пл. 126,1 °С, плотн. 4,18 г/см³; остальные – бесцв. газы. Молекулы Ф. г. сравнительно малополярны.

Молекулы PX_3 имеют конфигурацию тригон. пирамиды с атомом Р в вершине. Длина связи Р—Х меняется от 0,155 нм для PF_3 до 0,255 нм для PI_3 , угол $XPX \sim 100^\circ$. Полярность молекул падает при переходе от PF_3 к PI_3 , т-ра плавления растет в результате увеличения межмолекулярного взаимодействия. Три хлорид PCl_3 дымит во влажном воздухе (из-за гидролиза с выделением HCl), энергично взаимодействует с водой, образуя фосфористую и соляную к-ты. Хорошо раств. в диэтиловом эфире, бензоле, $CHCl_3$, CS_2 , CCl_4 . Получают пропуская $SiCl_4$ в р-р белого Р в CS_2 или сжиганием Р в атмосфере сухого Cl_2 . Применяют для получения PCl_5 , $POCl_3$, $PSCl_3$, фосфор-орг. соед., в произ-ве красителей, лек. ср-в, инсектицидов (эфиры тиофосфорных к-т) и ПАВ. Токсичен, ПДК 0,2 мг/м³.

Молекулы пентахлорида PCl_5 , находящегося в жидком или газообразном состоянии, имеют конфигурацию тригон. бипирамиды с атомом Р в основании. Расстояние Cl—Cl в основании бипирамиды 0,308 нм, длина экваториальной связи Р—Cl 0,21 нм, апикальной – 0,225 нм. Твердый PCl_5 построен из тетраэдрич. ионов PCl_4^+ и октаэдрических PCl_6^- .

Длина связей Р—Cl в тетраэдре 0,197 нм, в октаэдре 0,204 нм (экваториальные) и 0,208 нм (апикальные). В парах выше 300 °С полностью разлагается на PCl_3 и Cl_2 , ΔH р-ции 129,7 кДж/моль. Гидролизуются водой сначала до $POCl_3$, затем до H_3PO_4 . Лучший р-дитель для PCl_5 – CCl_4 , раств. также в CS_2 . При взаимодействии PCl_5 с NH_4Cl получается фосфонитрилхлорид $PNCl_2$, образующий при 120–150 °С циклич. тример, к-рый выше 300 °С дает неорг. полимер $(Cl_2P=N)_n$ (см. Полифосфазены). Получают PCl_5 взаимодействием PCl_3 с избытком Cl_2 , а также пропуская Cl_2 в р-р PCl_3 в CS_2 . PCl_5 – хлорирующий агент, его используют при получении хлорангидридов фосфорных к-т, фосфоновых к-т из олефинов, в произ-ве лек. ср-в и красителей. Токсичен, ПДК 0,2 мг/м³.

Молекула оксихлорида $POCl_3$ имеет форму искаженного тетраэдра с атомом Р в центре; μ 8,01 · 10⁻³⁰ Кл·м. Полярный р-дитель, подвергается самоионизации ($POCl_3 \rightleftharpoons POCl_2^+ + Cl^-$), раств. неорг. соли, напр. NaCl, NH_4Cl . Хорошо раств. в бензоле, $CHCl_3$, CCl_4 , CS_2 . Сильно дымит во влажном воздухе, гидролизуются водой до H_3PO_4 . Получают пропуская O_2 через PCl_3 при 20–50 °С, взаимодействием PCl_3 с P_2O_5 или $H_2C_2O_4$. Применяют для получения инсектицидов, орг. фосфатов H_3PO_4 , в частности трибутилфосфата. Токсичен, ПДК в воздухе рабочей зоны 0,05 мг/м³.

Тиохлорид $PSCl_3$ по св-вам близок к $POCl_3$; получают взаимодействием S с PCl_3 в автоклаве в присут. $AlCl_3$. Используют в произ-ве инсектицидов (эфиры тиофосфорных к-т).

Фториды и бромиды Р получают из простых в-в, PF_5 применяют в произ-ве фторофосфатов, как ингибитор коррозии металлов в среде N_2O_4 .

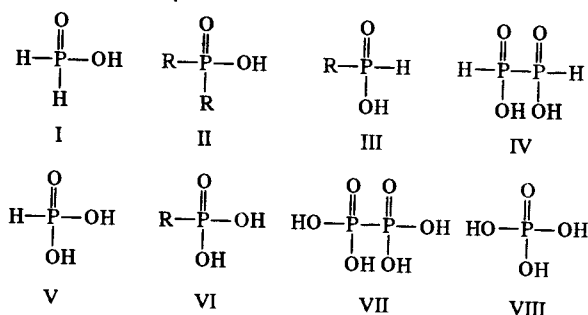
Лит.: Везер В.-Дж., Фосфор и его соединения, пер. с англ., М., 1962; Угай Я.А., Неорганическая химия, М., 1989.

Я.А. Угай.

ФОСФОРА КИСЛОТЫ, кислородные к-ты фосфора в степенях окисления от +1 до +5. Построены из структурных единиц $XUP(O)_n$, где X и Y – O, P, N либо орг. радикал (см. Фосфорорганические соединения). Сокращенная запись Ф-л

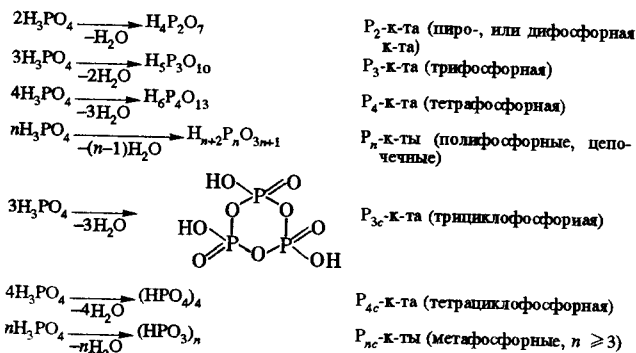
Ф. к. по Блазеру и Вормсу (Р-к-та, Р'-к-та и т.д., в индексе над атомом Р указывается его степень окисления) позволяет различать изомеры к-т одинакового состава, напр. изомеры к-ты

$H_4P_2O_5$ – к-ты $P=O$ и $P-O-P$. Примеры Ф. к.: Р-к-ты – фосфорноватистая (гипофосфористая) H_3PO_2 (Ф-ла I), фосфиновые кислоты $RR'P(O)_n$ (II), фосфонистые кислоты $RH_2P(O)_2$ (III); Р'-Р-к-та – гиподифосфорная $H_4P_2O_4$ (IV); Р-к-ты – фосфористая H_3PO_3 (V), фосфоновые кислоты $RP(O)(OH)_2$ (VI); Р-Р-к-та – фосфорноватая (гипофосфорная) $H_4P_2O_6$ (VII); Р-к-та – фосфорная кислота (ортофосфорная) H_3PO_4 (VIII).



В кристаллич. состоянии выделены к-ты: одноосновные H_3PO_2 , $(\text{HPO}_2)_n$; двухосновные $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$ ($\text{P}-\text{O}-\text{P}$), $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ ($\text{P}-\text{P}$); трехосновные H_3PO_4 , $\text{H}_5\text{P}_2\text{O}_5$ ($\text{P}-\text{P}$), $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ ($\text{P}-\text{O}-\text{P}$); четырехосновная $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ($\text{P}-\text{O}-\text{P}$); пятиосновная $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_8$ ($\text{P}-\text{P}-\text{P}$); шестиосновная $\text{H}_6\text{P}_6\text{O}_{12}$ [циклич., или $(\text{P}-\text{P})_{3c}$ -к-та].

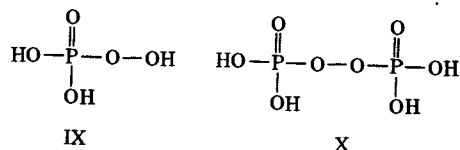
Анионной конденсацией H_3PO_4 с отщеплением воды получают конденсированные к-ты, в молекулах к-рых тетраэдрич. группы PO_4 , соединенные между собой через общий атом O, образуют цепи (полифосфорные к-ты), кольца (метафосфорные к-ты), разветвленные структуры (ультрафосфорные к-ты):



При $n \rightarrow \infty$ Р_n - и Р_{nc} -к-ты неразличимы. Молярное отношение $\text{H}_2\text{O}:\text{P}_2\text{O}_5 = R$ в гомологич. ряду Р_{nc} -к-т не меняется ($R=1$), в ряду Р_n -к-т при росте n уменьшается в пределах $3 \geq R \geq 1$. При $R \leq 3$ к-ты представляют собой смеси, состав к-рых характеризуется молекулярно-массовым распределением анионов. По мере уменьшения R смеси обогащаются высшими к-тами, при этом вязкость к-т увеличивается вплоть до образования твердой массы. Вблизи значения $R=1$ в смесях появляются Р_{nc} -к-ты, а также ультрафосфорные к-ты сетчатого строения (область их существования $1,2 \geq R \geq 0,7$). В качестве товарного продукта выпускают умеренно вязкую фосфорную к-ту ($2,5 > R > 1,5$), из к-рой получают жидкие удобрения и комплексные удобрения. В медицине используют аденозинфосфорные кислоты (орг. Р_n -к-ты), в орг. синтезе — конц. полифосфорные к-ты. Индивидуальные к-ты [хроматографически чистые $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, $(\text{HPO}_3)_3$ и др.] обычно получают из солей ионным обменом в виде разб. водных р-ров, где они постепенно разрушаются по схеме: $\text{Р}_{3c} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Р}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Р}_2 + \text{Р}_1 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} 3\text{Р}_1$. Это сильные или средней силы к-ты: для Р_3 -к-ты pK_2 1,2, pK_3 2,1, pK_4 5,7, pK_5 8,6; для Р_4 -к-ты pK_1 2,6, pK_2 6,4, pK_3 8,8, pK_4 11,4.

Существуют конденсированные Ф. к. с разным сочетанием атомов Р в разл. степенях окисления. К ним м. б. отнесены изомеры трифосфорных к-т $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_9$ ($\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{O}-\text{P}$ и $\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{P}$), $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_8$ ($\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{P}$ и $\text{P}-\text{P}-\text{P}$). Известны над-

фосфорные к-ты с терминальной или срединной пероксогоруппой: пероксифосфорная (IX), пероксопирофосфорная (X).



Фосфорноватистая к-та H_3PO_2 : т. пл. $26,5^\circ\text{C}$; плотн. $1,49 \text{ г/см}^3$; $\Delta H_{\text{ср}}^\circ -608,2 \text{ кДж/моль}$; K $8,9 \cdot 10^{-2}$, при нагр. выше 50°C начинает разлагаться на PH_3 , красный Р, H_2PO_4 и H_2 ; хорошо раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире; сильный восстановитель, напр. при никелировании металлов; образует соли — гипофосфиты неорганические, напр. $\text{Na}(\text{H}_2\text{PO}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$; получают ее взаимодействием гипохлоритов с H_2SO_4 или щавелевой к-той, окислением PH_3 иодом в слабокислой водной среде; используют как антиоксидант для алкидных смол, светостабилизатор для полиамидов и поливинилхлорида, стабилизатор пены при получении пенополиуретанов.

Фосфорноватая к-та $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$: т. пл. 70°C ; $\Delta H_{\text{ср}}^\circ -1638,6 \text{ кДж/моль}$; K_1 $6 \cdot 10^{-3}$, K_2 $5 \cdot 10^{-3}$, K_3 $5,4 \cdot 10^{-8}$, K_4 $9,3 \cdot 10^{-11}$; образует моно- и дигидраты, на воздухе распыляется; раств. в воде, в конц. водных р-рах выше 30°C разлагается на H_3PO_3 и H_3PO_4 ; окисляется KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ до H_3PO_4 ; получают окислением воздухом р-ров H_3PO_2 или Р, взаимодей. хлорной извести с Р. Соли $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$ — гипофосфаты, напр. $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_6 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; соли щелочных металлов хорошо раств. в воде, щел.-зем. и тяжелых металлов не раств.; при нагр. в воде гидролизуются до гипохлоритов и фосфатов.

Фосфористая к-та H_3PO_3 : т. пл. $73,6^\circ\text{C}$; плотн. $1,65 \text{ г/см}^3$; $\Delta H_{\text{ср}}^\circ -970,6 \text{ кДж/моль}$; K_1 $5,1 \cdot 10^{-2}$, K_2 $1,8 \cdot 10^{-7}$; р-римость в воде $75,6\%$ по массе (0°C), $87,4\%$ (40°C); при нагр. в воде окисляется до H_3PO_4 с выделением H_2 ; восстановитель, осаждает Pt, Pd, Ag, Au и др. металлы из р-ров их солей; получают гидролизом PCl_3 , р-рением P_2O_3 в воде или взаимодей. солей H_3PO_3 с H_2SO_4 . Соли H_3PO_3 — фосфиты, напр. $\text{NaH}_2\text{PO}_3 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$; плохо раств. в воде (кроме солей щелочных металлов); при нагр. разлагаются на ортофосфаты и производные Р в низших степенях окисления; в водных р-рах легко окисляются до ортофосфатов; получают нейтрализацией H_3PO_3 гидроксидами металлов; восстановители в неорг. синтезе, стабилизаторы поливинилхлорида (фосфит Pb).

Пирофосфорная к-та $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ существует в двух полиморфных модификациях с т. пл. $54,3$ и $71,5^\circ\text{C}$, т. пл. смеси 61°C ; $\Delta H_{\text{ср}}^\circ -2248,8 \text{ кДж/моль}$; K_1 10^{-1} , K_2 10^{-2} , K_3 $2,7 \cdot 10^{-7}$, K_4 $2,4 \cdot 10^{-10}$; р-римость в воде $87,6\%$ по массе (23°C); образует моно-, пента- и гексагидраты; получают упариванием H_3PO_4 , взаимодей. P_2O_5 с H_3PO_4 с послед. кристаллизацией из р-ра при соотношении $\text{H}_2\text{O}:\text{P}_2\text{O}_5 = 2$, ионным обменом из р-римых в воде пирофосфатов. Соли $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ — пирофосфаты (см., напр., Натрия фосфаты).

О солях и эфирах Ф. к. см. Фосфаты конденсированные, Фосфаты неорганические, Фосфаты органические, Фосфиты органические.

Лит.: Продан Е. А., Продан Л. И., Ермоленко Н. Ф., Трипифосфаты и их применение, Минск, 1969, с. 286–93; Корбридж Д., Фосфор. Основы химии, биохимии, технологии, пер. с англ., М., 1982, с. 112–89.

Е. А. Продан.

ФОСФОРА ОКСИДЫ. В качестве индивидуальных в-в установлены: P_4O , P_4O_2 (P_2O), P_4O_6 (P_2O_3), P_4O_8 , P_4O_{10} (P_2O_5), PO_3 ; молекулы изображенных в скобках Ф. о. существуют в виде димеров. Теоретически показана вероятность существования (при окислении паров Р) метастабильных Ф. о. ряда P_4O_n , где $n = 6-9$, и продуктов их диссоциации — PO , PO_2 . Молекула PO обнаруживается лишь спектроскопически в парах. Наиб. изучены P_4O_6 и P_4O_{10} . Нек-рые св-ва Ф. о. представлены в таблице.

Монооксид тетрафосфора P_4O — красно-бурые кристаллы; плотн. $1,891 \text{ г/см}^3$, при $270-280^\circ\text{C}$ воспламеняет-

СВОЙСТВА ОКСИДОВ ФОСФОРА

Показатель	P_4O_6	P_4O_8	P_4O_{10}		
			<i>H</i>	<i>O</i>	<i>O'</i>
Т. пл., °C	23,9	—	420,5	562,5	580,5
Т. кип., °C	174	180 ^b	340,5 ^b	605,5	605,5
Плотн., г/см ³	2,135	2,537	2,28	2,72	2,84
C_p , Дж/(моль · К)	148,6 ^a	169,9 ^a	215,6	—	—
$\Delta H_{\text{обр}}^0$, кДж/моль	-1606 ^a	-2302 ^a	-3010,1	—	—
S_{298}^0 , Дж/(моль · К)	356,3 ^a	394,7 ^a	231	—	—
$\Delta H_{\text{пл}}^0$, кДж/моль	14,1	—	27,2	74,1	63,6
$\Delta H_{\text{всп}}^0$, кДж/моль	48,0	—	67,8	78,3	78,3

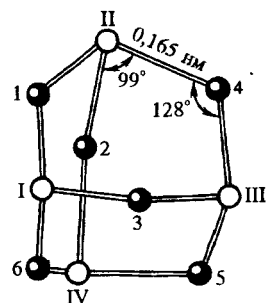
^a Для газа, для твердого P_4O_6 $\Delta H_{\text{обр}}^0$ -1668 кДж/моль. ^b Т-ра возгонки.

ся; в сухом воздухе устойчив до 350 °C, при нагрев. в инертном газе разлагается с выделением Р и P_4O_{10} ; с водой не реагирует, во влажном состоянии разлагается на воздухе выше 100 °C. Образуется P_4O при сжигании Р в недостатке кислорода, при взаимодействии $POCl_3$ с Al, Zn (100 °C) или белым фосфором (250 °C), а также при длит. выдержке на воздухе р-ра Р в PCl_3 и диэтиловом эфире.

Диоксид тетрафосфора P_4O_2 (P_2O) – желто-красные кристаллы; при нормальном давлении устойчив до 100 °C, в вакууме – до 135 °C, при более высоких т-рах разлагается с выделением Р; с водой не реагирует, в запаянной трубке в среде воздуха водный р-р P_4O_2 окисляется до H_3PO_3 ; устойчив в сухом воздухе, не раств. в этаноле, ацетоне и др. Получают P_4O_2 продуванием O_2 или воздуха через р-р белого Р в CCl_4 при 50–60 °C, а также нагреванием $POCl_3$ и H_3PBt_2 до 773 °C в запаянной трубке. P_4O_2 восстанавливает Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ag^+ ; это св-во P_4O_2 используют для восстановления примесей Fe в экстракционной H_3PO_4 .

Гексаоксид тетрафосфора (устар. назв. – фосфористый ангидрид) P_4O_6 – белые хлопья или кристаллы с неприятным запахом. Структура молекулы твердого P_4O_6 показана на рис. 1; давление пара 9,34 кПа (343 К); более устойчив, чем P_4O и P_4O_2 , выше 200 °C разлагается с частичным отщеплением элементарного (красного) Р и разл. оксидов (P_4O_8 , P_4O_{10}); вблизи точки затвердевания кристаллизуется. Хорошо раств. в орг. р-рителях (бензоле, CS_2), что используют для очистки P_4O_6 перекристаллизацией. В 100 г P_4O_6 раств. до 1,7 г Р, к-рый м. б. извлечен путем перевода в красный Р при УФ облучении с послед. растворением оксида в CS_2 .

Рис. 1. Структура молекулы P_4O_6 . ● – атом О, ○ – Р; плоскость симметрии проходит через атомы $P^{(1)}$, $P^{(3)}$, $O^{(2)}$, $O^{(5)}$.

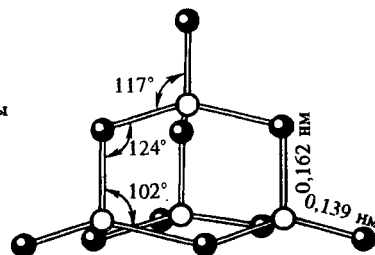


В обычных условиях P_4O_6 медленно окисляется до P_4O_{10} . В атмосфере сухого разреженного O_2 он окисляется при 40 °C, во влажном O_2 – при 130 °C, сухой P_4O_6 устойчив в сухом O_2 до 77–127 °C, в воздухе – до 450 °C. При сильном нагревании в отсутствие воздуха разлагается на Р и P_2O_4 . При растворении в холодной воде образует H_3PO_3 , в горячей – H_3PO_4 , PH_3 и Р. С HCl дает H_3PO_3 и PCl_3 , энергично реагирует с Cl_2 , Br_2 , I_2 и S выше 150 °C. Образуется P_4O_6 при сжигании Р с ограниченным доступом сухого воздуха. P_4O_6 ядовит.

Октаоксид тетрафосфора P_4O_8 – белые хлопья или кристаллы. Молекула оксида в газообразном состоянии соответствует ф-ле P_8O_{16} . В кристалле она имеет сложную структуру и включает агрегаты от мономера до тримера (P_4O_8 , P_8O_{16} , $P_{12}O_{24}$). Известны две кристаллич. формы P_4O_8 . Ромбоэдрич. α-форма содержит молекулы P_4O_8 и P_4O_9 в разл. соотношениях и имеет средний состав в пределах $P_4O_{8,1}$ – $P_4O_{9,0}$. Моноклинная β-форма состоит из молекул P_4O_7 и P_4O_8 ; ее состав: $P_4O_{7,7}$ – $P_4O_{8,0}$. Имеются данные о существовании аморфной формы P_4O_8 .

Октаоксид устойчив при нагрев. до 100 °C, возгоняется при 180 °C; окисляется до P_4O_{10} в среде чистого O_2 выше 400 °C. Кристаллич. P_4O_8 расплывается на воздухе, хорошо раств. в воде, но не раств. в орг. р-рителях. При растворении в воде дает равное кол-во молей H_3PO_3 и HPO_3 . Водные р-ры P_4O_8 с трудом окисляются до H_3PO_4 . Оксид P_4O_8 образуется при низкотемпературном сжигании Р в ограниченном кол-ве воздуха или при нагрев. P_4O_6 в течение 48 ч в запаянной трубке при 200–250 °C.

Рис. 2. Структура молекулы P_4O_{10} (H-форма).



Декаоксид тетрафосфора P_4O_{10} (или P_2O_5 , пентаоксид; устар. назв. – фосфорный ангидрид) – бесцв. аморфное, стекловидное (G-форма) или кристаллич. в-во. Существуют две метастабильные кристаллич. модификации: гексагон. H-форма ($a = 0,744$ нм, $\alpha = 87^\circ$, пространств. гр. $R3C$) и орторомбич. O-форма ($a = 0,923$ нм, $b = 0,718$ нм, $c = 0,494$ нм, пространств. гр. $Pnam$); одна стабильная – орторомбич. O'-форма ($a = 1,63$ нм, $b = 0,814$ нм, $c = 0,526$ нм, пространств. гр. $Fdd2$; по нек-рым данным, тетрагон. T-форма). Структура молекулы P_4O_{10} H-формы построена из 4 групп PO_4 в виде тетраэдра, вершины к-рого занимают атомы Р; 6 атомов О располагаются вдоль ребер, а 4 – по оси третьего порядка тетраэдра (рис. 2). Другие модификации имеют слоистую полимерную структуру, также построенную из тетраэдров PO_4 , к-рые объединены в кольца – 10-членные в случае O-формы и 6-членные в случае O'-формы (рис. 3). H-форма переходит в O-форму при 300–360 °C (переход заканчивается при 378 °C), а также при нагрев. (127 °C) в течение 2 ч в запаянной ампуле. При нагрев. O-формы в запаянной трубке

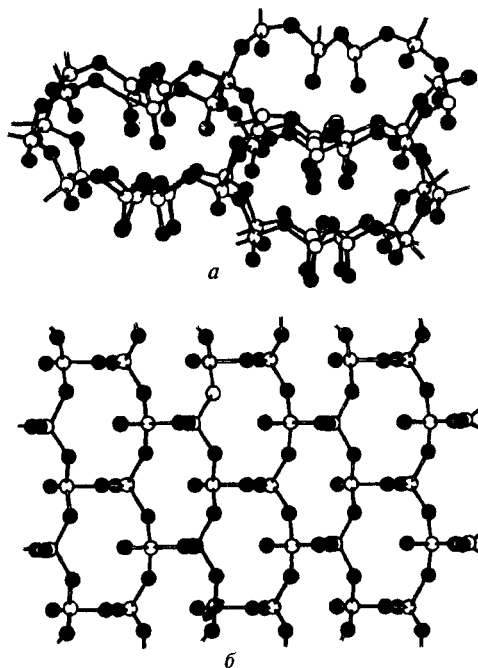


Рис. 3. Структура P_4O_{10} : а – O-форма; б – O'-форма.

(при 450 °С) в течение 24 ч образуется более устойчивая *О*-форма. При плавлении *Н*-формы получается, по-видимому, мономолекулярная жидкость, при плавлении *О*- и *О'*-модификаций – полимерная форма жидкого P_4O_{10} . Тройные точки: для *Н*-формы 420,5 °С, давление 478,8 кПа; для *О*-формы 562,5 °С, 58,0 кПа; для *О'*-формы 580,5 °С, 73,82 кПа.

P_4O_{10} очень гигроскопичен (*Н*-форма поглощает воду даже со взрывом), что делает его одним из наиб. эффективных осушителей. P_4O_{10} – сильный дегидратирующий агент, напр.: $4HClO_4 + P_4O_{10} \rightarrow (HPO_3)_4 + 2Cl_2O_7$. Превращает также H_2SO_4 в SO_3 , HNO_3 – в N_2O_4 , амиды – в нитрилы и т.д. Реагирует как со спиртами, эфирами, так и с фенолами, к-тами и др.; при этом происходит разрыв связей $P-O-P$ и образуются фосфорорг. соединения. Реагирует с NH_3 и с галогеноводородами, давая соотв. конденсированные фосфаты аммония и оксигалогениды Р. С основными оксидами в зависимости от условий образует разл. фосфаты.

Газофазная полимеризация P_4O_{10} с образованием полифосфатов на твердых пористых оксидных системах обеспечивает широкие возможности создания новых композиционных неорг. материалов с заданными св-вами. Разработаны методы введения полифосфатных пленок р-цией P_4O_{10} с оксидными модификаторами, входящими в состав пористых керамич. систем (напр., форстерита $2MgO \cdot SiO_2$); хемосорбция паров P_4O_{10} на пористой системе приводит к образованию слоев полифосфатов. Полученный материал обладает повышенной стойкостью к плавиковой к-те.

Технол. процесс произ-ва P_4O_{10} (рис. 4) включает окисление элементного Р предельно осушенным воздухом, осаждение P_4O_{10} и очистку отходящих газов. Окисляют Р в камере сжигания. Для диспергирования Р в форсунку подается воздух под давлением 500–600 кПа, осн. объем воздуха поступает через завихритель спирального типа. Сжигание Р – экзотермич. процесс: $P_4 + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10} + 24534,6 \text{ кДж}$. Реально P_4O_{10} образуется по значительно более сложному механизму.

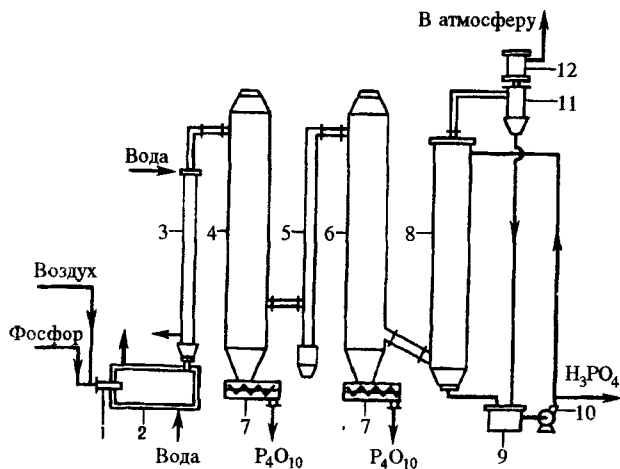


Рис. 4. Технол. схема получения P_4O_{10} : 1 – форсунка для фосфора; 2 – камера сжигания; 3 – охлаждаемый газодход; 4, 6 – осадительные башни; 5 – газодход; 7 – разгрузочные пневки; 8 – насадочный скруббер; 9 – сборник к-ты; 10 – насос; 11 – брызгоуловитель; 12 – гидролизатор.

Ок. 20% теплоты отводится охлаждающей водой, остальное тепло выделяется в газовую фазу. Из камеры сжигания P_4O_{10} вместе с газами направляется через водоохлаждаемый газодход в две осадительные башни. В газодходе газы охлаждаются и происходит частичная конденсация ультрафосфорной к-ты, к-рая сорбирует находящиеся в продуктах р-ции примеси (оксиды тяжелых металлов и мышьяк). Конденсирующийся ниже 364 °С P_4O_{10} осаждается в виде белого порошка на стенках в нижней части башен. В первой башне, где образуется более крупнокристаллич. продукт, конденсируется вы-

ше 75% от общего содержания P_4O_{10} , во второй – ок. 23%. Товарный P_4O_{10} представляет собой в осн. гексагон. *Н*-форму.

P_4O_{10} – осушитель газов и жидкостей, промежут. продукт в произ-ве H_3PO_4 термич. способом, его используют в орг. синтезе в р-циях дегидратации и конденсации, в произ-ве ПАВ, фосфатных стекол и др. неорг. материалов и т.д.

P_4O_{10} токсичен, вызывает ожоги кожи, раздражает слизистые оболочки, ПДК в воздухе рабочей зоны 1 мг/м³, в атм. воздухе 0,05 мг/м³.

Триоксид фосфора (пероксид фосфора) PO_3 (по нек-рым данным, P_2O_6 или P_4O_{11}) – твердое в-во фиолетового цвета из-за примесей; стабилен в течение 120–150 ч при 17–37 °С в сухой атмосфере; разлагается при 127 °С, выделяя O_2 ; при гидратации PO_3 или его димера образуются пероксофосфорная или пероксопирофосфорная к-ты; с оксидами металлов дает пероксофосфаты; образуется при действии на пары P_4O_{10} электрич. разряда в вакууме (133,3 Па).

Лит. см. при ст. Фосфорная кислота.

Н. В. Букколини.

ФОСФОРА ОКСИХЛОРИД, см. Фосфора галогениды.

ФОСФОРА ТИОХЛОРИД, см. Фосфора галогениды.

ФОСФОРА ХЛОРИДЫ, см. Фосфора галогениды.

ФОСФОРАНЫ, орг. производные гипотетич. фосфорана PH_5 . Делятся на неск. групп: 1) пентаорганфосфораны R_5P , $(RO)_5P$, R_nPX_{4-n} ($X = OR$; $Y = NR_2$, SR ; $n, m = 1-4$); 2) гидрофосфораны – обычно H_nPF_{4-n} ($X = R$, OR , NHR , NR_2 ; $n = 0-3$); 3) квазифосфониевые соед. $R_nPX_mHal_{5-n-m}$ ($R = Alk$, Ar ; $X = OR'$, SR' , NHR' , NR'_2 , CN ; $n, m = 0-3$, $n + m \leq 4$).

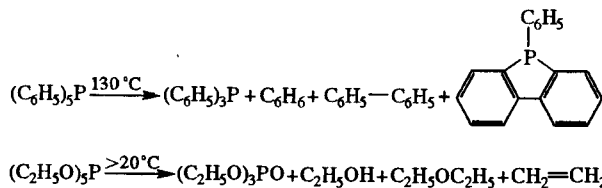
Иногда к Ф. относят фосфиналкилены (алкилиденфосфораны) и неорг. соед. пятикоординат. Р.

Назв. Ф. включает назв. орг. радикалов у атома Р, к-рые являются префиксами к слову «фосфоран» [напр., $(C_6H_5)_3PCl_2$ – трифенилдишлорфосфоран].

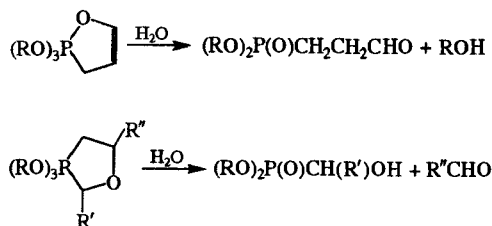
Многие хлор- и бромсодержащие квазифосфониевые соед. имеют ионную структуру $[PZ_4]^+Hal^-$ или $[PZ_4]^+[PZ_5Hal]^-$, что обусловило назв. этой группы соединений.

Ф. склонны к внутримол. обмену заместителями, занимающими апиальные и экваториальные положения, а также к межмол. обмену заместителями (последнему способствуют полярные р-ители и повышенные т-ры). Для многих Ф. наблюдается равновесие пентавалентной и ионной форм. Ф., содержащие в молекуле одновременно атомы Н и Hal (Cl, Br и I), неустойчивы (элиминируют $HHal$).

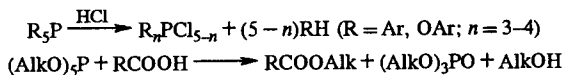
Пентаорганфосфораны – кристаллич. в-ва или жидкости, раств. в орг. р-рителях, большинство плавится и перегоняется в вакууме без разложения. Пентаалкил(фенил)- и пентаалкоксифосфораны при повышенных т-рах и длит. хранении разлагаются, напр.:



Пентакарбофосфораны (содержат в молекуле 5 связей Р–С) сравнительно устойчивы к гидролизу, тогда как оксифосфораны легко гидролизуются, напр.:

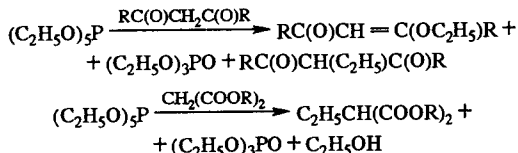


Оба типа соед. легко разлагаются к-тами, напр.:



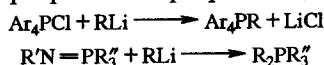
Тепловая и гидролитич. устойчивость повышается, когда атом Р входит в состав 5-членного цикла или спира.на.

Алксофосфораны алкилируют орг. к-ты и фенолы; р-ции с енолами дают продукты как О-, так и С-алкилирования, напр.:

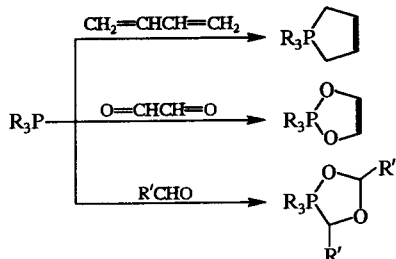


Оксифосфораны можно переэтерифицировать действием спиртов и фенолов.

Пентакарбофосфораны обычно получают действием AlkLi на галогениды фосфония или фосфазосоед., напр.:

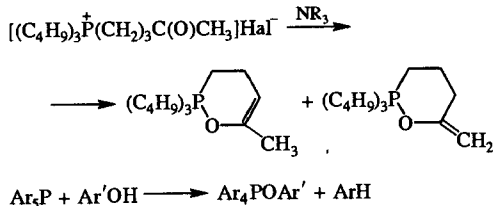


Ф. разл. типов м. б. получены присоединением соед. Р(III) к диенам, диенам, альдегидам и кетонам, напр.:



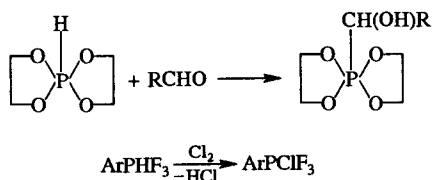
Пентаалкоксифосфораны обычно получают присоединением диалкипероксидов к $(RO)_3P$, ароксипроизводные — р-цией галогенидов Р(V) с фенолами в присут. оснований.

Тетракарбоксифосфораны получают циклизацией нек-рых типов солей фосфония или действием фенолов на пентакарбофосфораны, напр.:

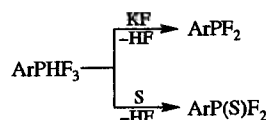


Гидрофосфораны — твердые в-ва или жидкости; многие перегоняются без разложения; раств. в орг. р-рителях (реагируют с H_2O , к-тами, спиртами, первичными и вторичными аминами).

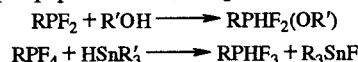
Гидрофосфораны способны конденсироваться с карбонильными соед., замещать атомы Н на Hal, напр.:



При нагр. способны отщеплять HF, что подтверждается превращениями:

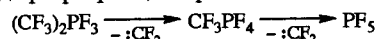


Гидрофосфораны обычно получают присоединением HF, ROH, RNH_2 к соед. Р(III) или замещением атомов F в органофторфосфоранах на H, напр.:



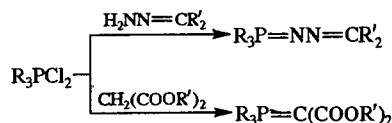
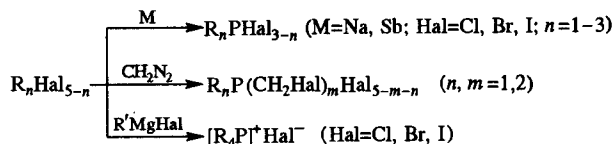
Квазифосфониевые соед. — обычно жидкости или кристаллич. соед.; к газам относятся фторфосфораны RPF_4 [$R = CH_3, OCH_3, CF_3, C_2F_5, N(CF_3)_2$] и $(CF_3)_2PF_3$.

Как правило, фторфосфораны раств. во мн. орг. р-рителях. Большинство перегоняется без разложения, многие хлор- и бромфосфораны при повышенных т-рах разлагаются. Фторфосфораны с группой CF_3 у атома Р уже при комнатной т-ре отщепляют дифторкарбен, напр.:



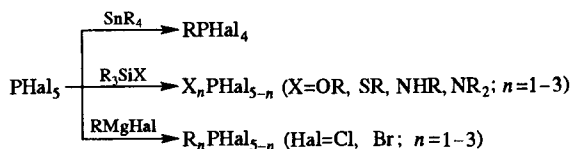
Ф. типа $(RO)_nPHal_{5-n}$ ($Hal = Cl, Br, I; n = 1-4$) склонны к отщеплению $AlkHal$ и образованию фосфорильных соед. при $n = 4$ и соед. Р(III) во всех др. случаях.

Большинство квазифосфониевых соед. легко гидролизуются и активно реагируют с донорами протона (к-тами, спиртами, первичными и вторичными аминами и др.), образует комплексы с основаниями и солями металлов. Фосфораны, содержащие разл. атомы Hal у атома Р, склонны к межмол. диспропорционированию и др. р-циям, напр.:

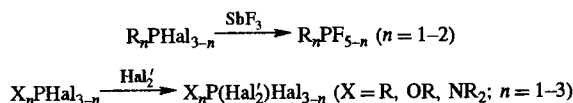


Р-ции фторфосфоранов со спиртами используют для получения алкилфторидов.

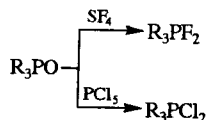
Наиб. важны три осн. пути синтеза квазифосфониевых соед.: 1) замещение атомов Hal в пентагалогенидах Р на Alk, OR, SR, NHR или NR_2 :



2) Галогенирование соед. Р(III):



3) Галогенирование фосфорильных и тиофосфорильных соед., напр.:



Практически все галогенфосфораны обладают раздражающим действием в парах, вызывают хим. ожоги кожи и слизистых; нек-рые фторфосфораны обладают высокой токсичностью по отношению к теплокровным (напр., ЛД₅₀ для $\text{CH}_3\text{PF}_3(\text{NHC}_4\text{H}_9\text{-изо})$ ок. 0,05 мг/кг при внутривенном введении кроликам).

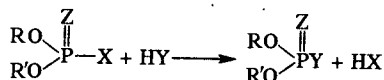
Ф. используют в лаб. синтезе; напр., фторфосфораны $\text{R}_n\text{PF}_{5-n}$ ($n=2,3$) – для получения алкилфторидов сложного строения из спиртов.

Лит.: Дрозд Г.И., «Успехи химии», 1970, т. 39, в. 1, с. 3–38; Дрозд Г.И. [и др.], в кн.: Успехи химии фосфорорганических и сероорганических соединений, в. 2, К., 1970, с. 5–88; Пурдела Д., Выхлану Р., Химия органических соединений фосфора, пер. с рум., М., 1972, с. 265–304; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 5, М., 1983, с. 16–42. Г. И. Дрозд.

ФОСФОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ, см. Люминесцентный анализ.

ФОСФОРЕСЦЕНЦИЯ, см. Люминесценция.

ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ, замещение атома в молекуле орг. соед. на остаток фосфорной или к.-л. другой фосфорсодержащей к-ты либо их производного (кислого эфира и др.), напр.:



R', R = Alk, Ar, OH, NR'₂ и др.; Z = O, S

X = Hal, OH, CN и др.; Y = OAlk, SAlk, NR'₂ и др.

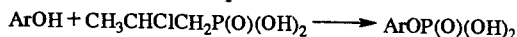
В широком смысле Ф. наз. замещение любого атома или группы атомов на остаток фосфорсодержащей к-ты или введение остатка такой к-ты в молекулу любыми др. способами.

Ф. обычно осуществляется по механизму бимол. нуклеоф. замещения (S_N2) у атома Р. Как правило, переходное состояние имеет конформацию тригон. бипирамиды с атомом Р в центре.

Наиб. активные фосфорилирующие агенты – соед., содержащие связь Р–Х [$\text{X} = \text{Hal}, \text{OH}, \text{OR}''$, $\text{OC}(\text{O})\text{R}''$ и др.]. Р-ция катализируется основаниями, к-тами, ионами металлов.

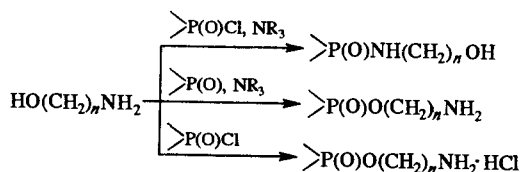
Фосфорилирующая способность соед. Р(III) обычно выше, чем соед. Р(V). Так, хлориды Р(III) могут гомолитически фосфорилировать углеводороды в присут. окислителей при γ-облучении. Известны примеры Ф. спиртов, аминов, тиолов с помощью соед. пятикоординат. Р (фосфоранов).

Ф. с помощью к-т Р осуществляют обычно с участием конденсирующих агентов (карбодимидов, SO_2Cl_2 и др.). В нек-рых случаях (напр., при Ф. фосфоновыми к-тами, когда орг. заместитель – алкилпергалогенид или алкил, содержащий в β-положении к атому Р галоген) р-ция происходит с разрывом связи Р–С, напр.:



Замещение в молекуле атома Н у атома С на группировку Р(О)СХ ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Alk}, \text{Ar}, \text{RO}, \text{R}_2\text{N}$) осуществляют взаимод. орг. соед. с XPCl_2 и O_2 (окислительное фосфорилирование).

Для избирательного Ф. полифункционал. соед. подбирают соответствующий фосфорилирующий агент или условия р-ции, напр.:



Иногда для избирательного Ф. осуществляют предварит. защиту функц. групп, не подлежащих Ф.

В биохимии часто возникает необходимость введения в молекулу остатка фосфорной к-ты. Иногда это удается осуществить в одну стадию путем использования в качестве фосфорилирующего агента метафосфорной к-ты, H_3PO_4 , или ее производных [напр., $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{OP}(\text{O})(\text{OH})_2$, $\text{H}_2\text{NC}(\text{O})\text{OP}(\text{O})(\text{OH})_2$] в сочетании с конденсирующими агентами. Эту же задачу часто можно осуществить, применяя фосфаты типа $\text{R}_2\text{P}(\text{O})\text{X}$ ($\text{R} = \text{PhO}, \text{PhCH}_2\text{O}$ и др.; $\text{X} = \text{OH}, \text{Hal}$ и др.). В этом случае после Ф. замену группы R на OH осуществляют гидролизом или с помощью каталитич. гидрирования.

Ф. нек-рых важных ферментов приводит к их ингибированию (потери ферментативной активности). Так, многие фосфорорг. соед. (напр., фторангидриды эфиров фосфоновых к-т, *n*-нитрофениловые эфиры к-т фосфора) способны фосфорилировать холинэстеразы (считают, что Ф. осуществляется по группе OH остатка серина в активном центре), что приводит к блокаде нервно-мышечной передачи импульсов в вегетативной нервной системе (см. Ацетилхолинэстераза). Фундам. значение для жизнедеятельности всех живых организмов имеет Ф., осуществляемое при обмене в-в, к-рое катализируется ферментами группы фосфотрансфераз. Донорами фосфатной (реже пирогосфатной) группы обычно служат нуклеотиды, среди к-рых главную роль играет АТФ. Ресинтез АТФ в клетке осуществляется гл. обр. при окислительном фосфорилировании (в аэробных условиях), а также при фотосинтезе и гликолизе (в анаэробных условиях).

Ф. широко применяют для синтеза пестицидов, лек. ср-в, экстрагентов, пластификаторов, негорючих пропиток и др.

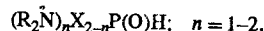
См. также Абрамова реакция, Арбузова реакция, Кабачника–Филдса реакция, Кирсанова реакция, Кляя–Кичнера–Перренна реакция, Михаэлиса–Беккера реакция, Перкова реакция, Пиццукки реакция, Тодда–Атертона реакция, Хорнера реакция.

Лит.: Корбридж Д., Фосфор. Основы химии, биохимии, технологии, пер. с англ., М., 1982, с. 344–80; Hudson R., Green M., «Angew. Chem.», 1963, Bd 75, № 1, S. 47–56; Cox J., Ramsay O., «Chem. Rev.», 1964, v. 64, № 4, p. 317–52. Г. И. Дрозд.

ФОСФОРИСТАЯ КИСЛОТА, см. Фосфора кислоты.

ФОСФОРИСТОЙ КИСЛОТЫ АМИДЫ, соед. общей ф-лы $(\text{R}_2\text{N})_3\text{P}(\text{OH})_n$, где R = Alk, Ar; $n=0-2$.

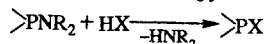
Наиб. значение имеют производные этих соед. – амидоэфиры и галогенангидриды общей ф-лы $(\text{R}_2\text{N})_n\text{PX}_{3-n}$, где X = R'O, R'SiO, Hal, R'S и др.; $n=1-2$. Производные кислых Ф. к. а. – гидрофосфорильные соед.



Назв. Ф. к. а образуются так же, как назв. фосфитов органических (один из префиксов – назв. амидной группы).

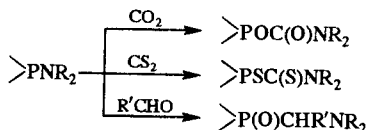
Ф. к. а. – жидкости, реже – твердые в-ва; раств. в большинстве орг. р-рителей. Для их идентификации используют гл. обр. методы тонкослойной хроматографии и спектры ЯМР ^{31}P , в к-рых наблюдается синглет в области 120, 135 и 145 м. д. – соотв. для $(\text{R}_2\text{N})_3\text{P}$, $\text{RO}(\text{R}_2\text{N})_2\text{P}$ и $(\text{RO})_2(\text{R}_2\text{N})\text{P}$.

Важная особенность Ф. к. а. – участие неподеленной электронной пары атома N в сопряжении с атомом Р, это проявляется в сильном укорачивании связи Р–N и уплотнении конфигурации атома азота. Ф. к. а. – эффективные фосфорилирующие ср-ва (эти р-ции катализируются слабыми к-тами):



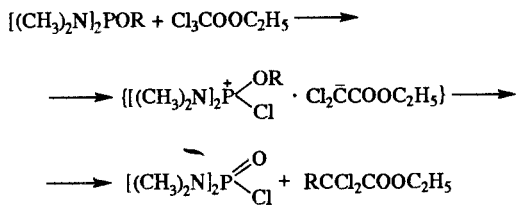
X = RO, RCOO, Hal и др.

Полярные непредельные соед. внедряются по связи Р–N; иногда внедрение дополняется дальнейшими процессами, напр.:

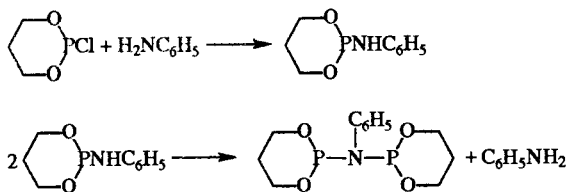


Амиды и их производные проявляют высокую электроно-донорную способность, они легко окисляются, присоединяют S и Se, образуют комплексы с переходными металлами.

Амидоэфиры фосфористой к-ты хорошо алкилируются по р-ции Арбузова. В нек-рых случаях из-за сильного электроотрицат. воздействия амидогрупп р-ция идет по др. механизму (вместо орг. радикала в молекулу вводится атом галогена):



Для получения производных Ф. к. а. обычно используют р-цию хлорангидридов эфиров фосфористой к-ты со вторичными аминами. Первичные амины, как правило, образуют амиды, склонные к диспропорционированию, напр.:



Ф. к. а. применяют в тонком орг. синтезе, при получении фосфорсодержащих полимеров, как лиганды в координационных соединениях.

Лит.: Нифантьев Э. Е., *Химия фосфорорганических соединений*, М., 1971, с. 90–103. Э. Е. Нифантьев.

ФОСФОРИТНАЯ МУКА, один из видов фосфорных удобрений. Тонкодисперсный порошок серого или бурого цвета; не раств. в воде, плохо раств. в лимонной, яблочной и др. слабых к-тах, полностью раств. в смеси HCl и HNO₃; влажность 0,3–1,5% по массе; остаток на сите (размер отверстий 0,18 мм) не более 10%. Содержит, как правило, 19–30% P₂O₅. Осн. фосфорсодержащий компонент – ортофосфат кальция в виде малодоступного для растений Ca₃(PO₄)₂·CaCO₃ с примесью 3Ca₃(PO₄)₂·CaF₂, соед. Fe, Al и др.

Ф. м. производят измельчением желваковых, ракушечных и ряда карстовых фосфоритов (или продуктов их обогащения). Оценка пригодности сырья (для непосредств. применения как удобрения): в 2%-ном водном р-ре лимонной или муравьиной к-ты должно раств. не менее 60% по массе P₂O₅.

Ф. м. используют в качестве основного, т. е. осенью под вспашку, удобрения (в т. ч. как местное при содержании P₂O₅ не более 14–17%); наиб. эффективно на кислых подзолистых, серых лесных, болотных и выщелоченных черноземных почвах [в кислой среде фосфор удобрения постепенно переходит в доступную растениям форму – Ca(H₂PO₄)₂·H₂O]. Кроме того, Ф. м. применяют в смесях с иными удобрениями (напр., калийными), как нейтрализующую добавку к кислым удобрениям (простому суперфосфату и др.), а также для приготовления навозных и торфяных компостов. Достоинства: обладает длит. последствием, не слеживается, хорошо рассеивается, имеет невысокую стоимость, экологически безвредна; недостаток – сильно пылит. Объем произ-ва в СССР составил 780 тыс. т в год (1984, в пересчете на P₂O₅).

Лит.: Сиротин Ю. П., *Фосфоритная мука и ее применение*, М., 1962; Унанянц Т. П., *Словарь-справочник по удобрениям*, М., 1972; Артюшин А. М., Державин Л. М., *Краткий справочник по удобрениям*, 2 изд., М., 1984. См. также лит. при ст. *Фосфорные удобрения*. В. З. Елисковский.

ФОСФОРИТЫ, осадочные горные породы, сложенные минералами из группы апатита. Наиб. распространенный фосфатный минерал – фторкарбонатapatит (франколит), отличающийся от апатита наличием в структуре анионов CO₃²⁻, изо-

морфно замещающих PO₄³⁻ с образованием непрерывного ряда от фторапатита до карбонатapatита (курскита); иные изоморфные замещения: атомов Ca на Sr, Na и др.; атомов F на OH⁻, Cl⁻, CO₃²⁻ и т. д.; PO₄³⁻ на SO₄²⁻. Ф. содержат также нефосфатные минералы: основные – глауконит, доломит, кальцит, кварц, халцедон; второстепенные – глинистые, алломосиликатные, пирит, гидроксиды Fe. В Ф. присутствуют также орг. в-во (фосфатизир. обломки ихтиофауны, рептилий, моллюсков и т. п.), часто U, PЗЭ (лантаноиды цериевой группы), Sr, реже примеси Pb, V, Sc, Zr, Se и др. Ф. имеют обычно темный (до черного), серый, буро-серый, редко белый, иногда зеленый, красный и желтый цвет; плотн. 2,8–3,0 г/см³; твердость по минералогич. шкале 2–4; содержание P₂O₅ от 5 до 38–40% по массе (Ф. – один из гл. пром. источников P и сырья для произ-ва фосфорных удобрений).

Ф. подразделяют на морские и континентальные. Среди морских Ф. выделяют пластовые, или микрозернистые (разновидность – оолитово-микрозернистые), зернистые, желваковые, ракушечные; среди континентальных – породы коры выветривания (карстовые, вторичные, или остаточные) и органические (гуано). В СНГ пром. значение имеют в осн. оолитово-микрозернистые, желваковые и ракушечные Ф., залегающие преим. в России и Казахстане.

Оолитово-микрозернистые Ф. (Каратауский бассейн, Казахстан) сложены округлыми фосфатными зернами и оолитами (агрегаты шаровой и эллипсоидной формы) размерами 0,07–0,30 мм, содержат 20–35% P₂O₅. Ф. Каратау труднообогатимы, поэтому кислотной переработке на р-римые удобрения подвергают непосредственно руды, содержащие не менее 24,5% P₂O₅; др. направление использования – электротермич. восстановление с получением желтого фосфора.

Желваковые Ф. – фосфатные конкреции (желваки) размерами от 0,03–0,05 до 15–30 см и более (6–12% P₂O₅). Грохочением и промывкой из них получают концентрат (от 16–18 до 22–23% P₂O₅), флотацией к-рого содержание P м. б. немного повышено. Если осн. примесь в таких концентратах – кварц, их можно перерабатывать на р-римые удобрения (Чилисайское месторождение, Казахстан). Из-за высокого содержания Fe₂O₃ и Al₂O₃ концентраты из Ф. самых крупных месторождений этого типа (Вятско-Камское, Егорьевское) непригодны для кислотной переработки.

Ракушечные Ф. развиты в Прибалтийском бассейне (месторождения Кингисеппское, Маарду и др.) и представлены фосфатными раковинами, сцементированными кварцевым песком (мощность пластов от неск. десятков см до 1–2 м). Руды бедные (6–14% P₂O₅), но хорошо обогащаются флотацией (28–30% P₂O₅).

Мировые запасы Ф. 42,8 млрд. т (1984). В СССР запасы Ф. исчислялись 968,8 млн. т (в пересчете на P₂O₅; 1984), что составляло 53% от общих разведанных запасов фосфатных руд (остальное – апатитовые руды); в добыче фосфатов доля Ф. значительно ниже (ок. 27%; 1984). Наиб. ресурсами Ф. располагают США, Марокко и др. страны Сев. Африки и Ближнего Востока, а также Перу; в этих странах запасы фосфатного сырья представлены почти исключительно Ф.

Основную часть Ф. (до 90%) используют в пром-сти фосфорных удобрений и фосфорных солей, небольшую – в черной и цветной металлургии, произ-ве керамики и стекла, для попутного извлечения в пром. масштабе ряда РЗЭ.

Лит.: Геология месторождений фосфоритов, методика их прогнозирования и поисков, М., 1980; Елисковский В. З., *Вещественный состав и обогащенность фосфоритовых руд*, М., 1983; Яншин А. Л., Жарков М. А., *Фосфор и калий в природе*, Новосиб., 1986; *Горная энциклопедия*, т. 5, М., 1991, с. 334. В. З. Елисковский.

ФОСФОРНАЯ КИСЛОТА (ортофосфорная к-та) H₃PO₄, мол. м. 97,995; бесц. гигроскопичные кристаллы моноклинной сингонии (a = 0,5762 нм, b = 0,4831 нм, c = 1,1569 нм, β = 95,31°, пространств. гр. P2₁/c); расплывается на воздухе; т. пл. 42,50 °C; плотн. 1,88 г/см³; ΔH_{обр}⁰ – 1283 кДж/моль; наиб. стабильное соед. в ряду кислородсодержащих к-т фосфора. В расплавленном состоянии склонна к переохлаждению; при 15 °C образует густую маслянистую жидкость, при –121 °C – стеклообразную массу.

Ф. к. смешивается с водой в любых соотношениях. Разб. водные р-ры имеют кисловатый вкус. Из высококонц. р-ров кристаллизуется в виде гемигидрата (полугидрата) $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ – бесцв. кристаллы моноклинной сингонии ($a = 0,7922$ нм, $b = 1,2987$ нм, $c = 0,7470$ нм, $\beta = 109,9^\circ$; пространство гр. $P21/a$). Молекула безводной H_3PO_4 и ее кристаллогидрата содержит тетраэдрич. группу PO_4 . В безводной Ф. к. образуются водородные связи типа $\text{P} - \text{O} - \text{H} \dots \text{O} = \text{P}$ (рис. 1) (расстояние между атомами О 0,253 нм), к-рые удерживают структуры PO_4 в виде слоев, параллельных одной из плоскостей кристалла. Водородные связи сохраняются и в конц. (70–80%) р-рах Ф. к., что отчасти обуславливает ее сиропобразную природу. В разб. до 40–50% р-рах отмечена более устойчивая водородная связь фосфат-анионов с молекулами воды, а не с др. фосфат-анионами. В р-рах Ф. к. имеет место обмен атомами кислорода между группами PO_4 и водой.

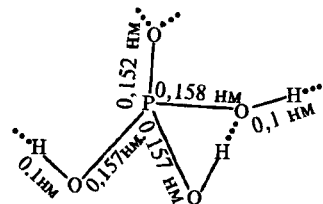


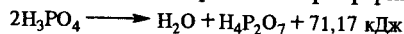
Рис. 1. Водородные связи в молекулярных структурах H_3PO_4 ; ... – водородная связь.

H_3PO_4 – сильная к-та, $K_1 7,1 \cdot 10^{-3}$ ($\text{pK}_a 2,12$), $K_2 6,2 \cdot 10^{-8}$ ($\text{pK}_a 7,20$), $K_3 5,0 \cdot 10^{-13}$ ($\text{pK}_a 12,32$); значения K_1 и K_2 зависят от т-ры. Диссоциация по первой ступени экзотермична, по второй и третьей – эндотермична. Фазовая диаграмма системы $\text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ приведена на рис. 2. Максимум кривой кристаллизации – при т-ре 302,4 К и содержании H_3PO_4 91,6% (твердая фаза – гемигидрат). В табл. приведены св-ва р-ров Ф. к.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ H_3PO_4

Содержание, % по массе		Т. затв., °С	Т. кип., °С	C_p^0 , кДж/(кг·К)	ρ , г/см ³ (25 °С)	Уд. электрич. проводим- ность, См/м (25 °С)	Давление пара, Па (25 °С)
H_3PO_4	P_2O_5						
5	3,62	0,8	100,10	4,0737	0,0010	10,0	3129,1
10	7,24	-2,10	100,20	3,9314	0,0011	18,5	3087,7
20	14,49	-6,00	100,80	3,6467	0,0016	18,3	2986,4
30	21,73	-11,80	101,80	3,3411	0,0023	14,3	2835,7
40	28,96	-21,90	103,90	3,0271	0,0035	11,0	2553,1
50	36,22	-41,90	104,00	2,7465	0,0051	8,0	2223,8
60	43,47	-76,9	114,90	2,4995	0,0092	7,2	1737,1
70	50,72	-43,00	127,10	2,3278	0,0154	6,3	1122,6
75	54,32	-17,55	135,00	2,2692	0,0200	5,8	805,2

Ф. к. при нормальных условиях малоактивна и реагирует лишь с карбонатами, гидроксидами и нек-рыми металлами. При этом образуются одно-, двух- и трехзамещенные фосфаты (см. *Фосфаты неорганические*). При нагр. выше 80 °С реагирует даже с неактивными оксидами, кремнеземом и силикатами. При повышенных т-рах Ф. к. – слабый окислитель для металлов. При действии на металлич. пов-сть р-ром Ф. к. с добавками Zn или Mn образуется защитная пленка (фосфатирование). Ф. к. при нагр. теряет воду с образованием последовательно пиро- и метафосфорных к-т:



Фосфолеум (жидкий фосфорный ангидрид, суперфосфорная к-та) включает к-ты, содержащие от 72,4 до 88,6% P_2O_5 , и представляет собой равновесную систему, состоящую из орто-, пиро-, триполи-, тетраполи- и др. фосфорных к-т (см. *Фосфаты конденсированные*). При разбавлении суперфосфорной к-ты водой выделяется значит. кол-во тепла, и полифосфорные к-ты быстро переходят в ортофосфорную.

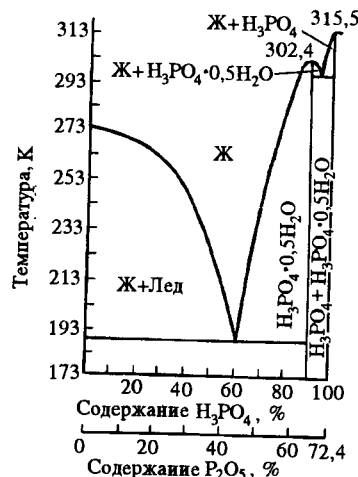
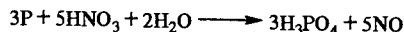


Рис. 2. Фазовая диаграмма системы $\text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$; Ж – жидкая фаза.

От др. фосфорных к-т H_3PO_4 можно отличить по р-ции с AgNO_3 – выпадает желтый осадок Ag_3PO_4 . Остальные фосфорные к-ты образуют белые осадки.

Получение. Ф. к. в лаб. условиях легко получить окислением фосфора 32%-ым р-ром азотной к-ты:



В пром-сти Ф. к. получают термическим и экстракционным способами.

Термич. способ (позволяет производить наиб. чистую Ф. к.) включает осн. стадии: сжигание (окисление) элементарного фосфора в избытке воздуха, гидратацию и абсорбцию полученного P_4O_{10} (см. *Фосфора оксиды*), конденсацию Ф. к. и улавливание тумана из газовой фазы. Существуют два способа получения P_4O_{10} : окисление паров Р (в пром-сти используют редко) и окисление жидкого Р в виде капель или пленки. Степень окисления Р в пром. условиях определяется т-рой в зоне окисления, диффузией компонентов и др. факторами. Вторую стадию получения термич. Ф. к. – гидратацию P_4O_{10} – осуществляют абсорбцией к-той (водой) либо взаимод. паров P_4O_{10} с парами воды. Гидратация ($\text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4$) протекает через стадии образования полифосфорных к-т. Состав и концентрация образующихся продуктов зависят от т-ры и парциального давления паров воды.

Все стадии процесса м. б. совмещены в одном аппарате, кроме улавливания тумана, к-рое всегда производят в отдельном аппарате. В пром-сти обычно используют схемы из двух или трех осн. аппаратов. В зависимости от принципа охлаждения газов существуют три способа произ-ва термич. Ф. к.: испарительный, циркуляционно-испарительный, теплообменно-испарительный. Испарит. системы, основанные на отводе теплоты при испарении воды или разб. Ф. к., наиб. просты в аппаратурном оформлении. Однако из-за относительно большого объема отходящих газов использование таких систем целесообразно лишь в установках небольшой единичной мощности.

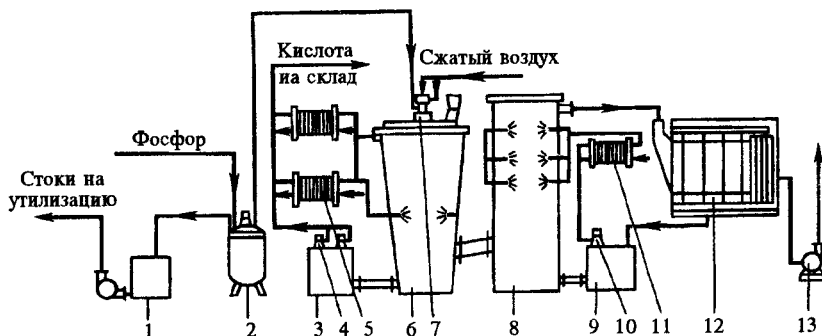
Циркуляционно-испарит. системы позволяют совместить в одном аппарате стадии сжигания Р, охлаждения газовой фазы циркулирующей к-той и гидратации P_4O_{10} . Недостаток схемы – необходимость охлаждения больших объемов к-ты. Теплообменно-испарит. системы совмещают два способа отвода теплоты: через стенку башен сжигания и охлаждения, а также путем испарения воды из газовой фазы; существенное преимущество системы – отсутствие контуров циркуляции к-ты с насосно-холодильным оборудованием.

На отечеств. предприятиях эксплуатируют технол. схемы с циркуляционно-испарит. способом охлаждения (двухбашенная система). Отличит. особенности схемы: наличие допол-

нит. башни для охлаждения газа, использование в циркуляционных контурах эффективных пластинчатых теплообменников; применение высокопроизводит. форсунки для сжигания Р, обеспечивающей однородное тонкодисперсное распыление струи жидкого Р и полное его сгорание без образования низших оксидов.

Технол. схема установки мощностью 60 тыс. т в год 100%-ной H_3PO_4 приведена на рис. 3. Расплавленный желтый фосфор расплывается нагретым воздухом под давлением до 700 кПа через форсунку в башне сжигания, орошаемой циркулирующей к-той. Нагретая в башне к-та охлаждается оборотной водой в пластинчатых теплообменниках. Продукционная к-та, содержащая 73–75% H_3PO_4 , отводится из контура циркуляции на склад. Дополнит. охлаждение газов из башни сжигания и абсорбцию к-ты производят в башне охлаждения (гидратации), что снижает послед. температурную нагрузку на электрофильтр и способствует эффективной очистке газов. Отвод теплоты в башне гидратации осуществляется циркулирующей 50%-ной H_3PO_4 , охлаждаемой в пластинчатых теплообменниках. Газы из башни гидратации после очистки от тумана H_3PO_4 в пластинчатом электрофильтре выбрасываются в атмосферу. На 1 т 100%-ной H_3PO_4 расходуется 320 кг Р.

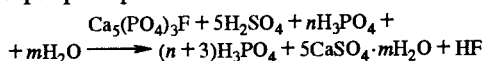
Рис. 3. Циркуляционная двухбашенная схема произ-ва термич. H_3PO_4 : 1 – сборник кислой воды; 2 – хранилище фосфора; 3,9 – циркуляционные сборники; 4,10 – погружные насосы; 5,11 – пластинчатые теплообменники; 6 – башня сжигания; 7 – фосфорная форсунка; 8 – башня гидратации; 12 – электрофильтр; 13 – вентилятор.



Более экономичный экстракционный метод получения Ф.к. основан на разложении прир. фосфатов к-тами (в осн. серной, в меньшей степени азотной и незначительно соляной). Фосфорнокислые р-ры, полученные разложением азотной к-той, перерабатывают в комплексные удобрения, разложением соляной к-той – в преципитат.

Серноокислотное разложение фосфатного сырья [в странах СНГ пл. обр. хибинского апатитового концентрата (см. Апатит) и фосфоритов Каратау] – осн. метод получения экстракционной Ф.к., применяемой для произ-ва конц. фосфорных и комплексных удобрений. Суть метода – извлечение (экстрагирование) P_2O_5 (обычно используют ф-лу P_2O_5) в виде H_3PO_4 . По этому методу прир. фосфаты обрабатывают H_2SO_4 с послед. фильтрованием полученной пульпы для отделения Ф.к. от осадка сульфата Са. Часть выделенного осн. фильтрата, а также весь фильтрат, полученный при промывке осадка на фильтре, возвращают в процесс экстрагирования (р-р разбавления) для обеспечения достаточной подвижности пульпы при ее перемешивании и транспортировке. Массовое соотношение между жидкой и твердой фазами от 1,7:1 до 3,0:1.

Прир. фосфаты разлагаются по схеме:



Разложению к-тами подвергаются также сопутствующие примеси: кальцит, доломит, сидерит, нефелин, глауконит, каолин и др. минералы. Это приводит к увеличению расхода используемой к-ты, а также снижает извлечение P_2O_5 в целевой продукт вследствие образования нерастворимых фосфатов железа $FeH_2(PO_4)_2 \cdot 2.5H_2O$ при концентрациях P_2O_5 выше 40% (содержание P_2O_5 обычно дается в пересчете на P_2O_5) и $FePO_4 \cdot 2H_2O$ – при более низких концентрациях. Выделяю-

щийся при разложении карбонатов CO_2 образует в экстракторах стойкую пену; р-римые фосфаты Mg, Fe и Al снижают активность Ф.к., а также уменьшают содержание усвояемых форм P_2O_5 в удобрениях при послед. переработке Ф.к.

С учетом влияния примесей определены требования к фосфатному сырью, согласно к-рым прир. фосфаты с повышенным содержанием соед. Fe, Al, Mg, карбонатов и орг. в-в непригодны для произ-ва Ф.к.

В зависимости от т-ры и концентрации Ф.к. в системе $CaSO_4 \cdot H_2PO_4 \cdot H_2O$ сульфат Са осаждается в виде дигидрата (гипса), гемигидрата или ангидрита. В реальных условиях осадок загрязнен примесями P_2O_5 в виде неразложившихся прир. фосфатов, недоотмытой H_3PO_4 , сокристаллизованных фосфатов разл. металлов и др., поэтому образующиеся сульфаты Са наз. соотв. фосфогипс, фосфогемигидрат и фосфоангидрит. В зависимости от типа осаждаемого сульфата различают три прямых способа произ-ва экстракционной Ф.к.: дигидратный, полудигидратный (гемигидратный) и ангидритный, а также комбинированные: полудигидратно-дигидратный и дигидратно-полудигидратный.

В СНГ наиб. отработан в пром-сти дигидратный способ, к-рый отличается высоким выходом P_2O_5 (93–96,5%) в продукционную к-ту; однако относительно низ-

кая концентрация Ф.к. требует ее послед. упаривания. Осн. стадии процесса: экстракция с внеш. или внутр. циркуляцией и вакуумным или воздушным охлаждением экстракционной пульпы, дозревание пульпы после экстрактора, отделение Ф.к. на наливных вакуум-фильтрах. Эффективность процесса определяют в осн. экстрагирование P_2O_5 и фильтрование пульпы. Аппаратурное оформление должно обеспечить полную разложение сырья и кристаллизацию сульфата Са в условиях миним. пересыщения им жидкой фазы. Оптим. форма и размеры кристаллов сульфата Са обуславливают хорошую фильтруемость пульпы и эффективную отмывку от Ф.к. миним. кол-вом воды (для получения конц. продукционной Ф.к.). Типовая схема дигидратного способа (рис. 4) реализуется при непрерывном дозировании в экстрактор фосфатного сырья, 75–93%-ной H_2SO_4 и оборотной H_3PO_4 . Т-ра процесса 72–75 °С, продолжительность 4–6 ч. Использование 93%-ной H_2SO_4 (при переработке апатитового концентрата) позволяет увеличить подачу воды для промывки фосфогипса на вакуум-фильтре. Поступающая на фильтр Ф.к. отделяется, осадок фосфогипса промывается на фильтре по противоточной схеме водой с возвратом образующейся слабой Ф.к. в экстрактор. Ф.к., полученную из апатитового концентрата (28–32% P_2O_5), обычно упаривают до содержания P_2O_5 52–54%. Концентрирование Ф.к., полученной из фосфоритов (20–24% P_2O_5), неосуществимо без предварит. очистки от примесей и не используется в пром-сти.

Гемигидратный процесс позволяет получить более конц. Ф.к. (в отдельных случаях до 50% P_2O_5 без дополнит. упаривания). Ф.к., содержащую 36–38% P_2O_5 , можно получить из апатитового концентрата практически на том же оборудовании, что и в типовом дигидратном процессе с воздушным охлаждением пульпы. Фосфориты Каратау по этому методу не перерабатывают. Широкого распространения

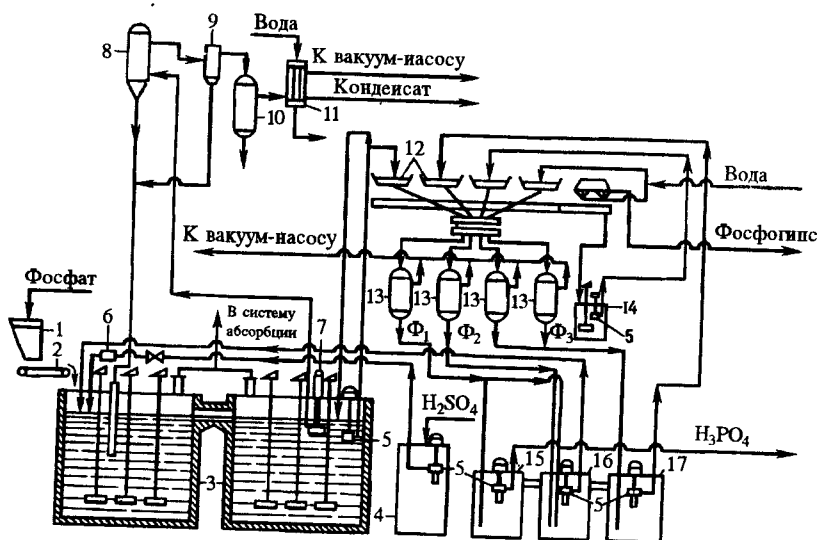


Рис. 4. Технологическая схема типового производства экстракционной H_3PO_4 в дигидратном процессе апатитового концентрата, мощность 110 тыс. т P_2O_5 в год: 1 – бункер для фосфатного сырья; 2 – ленточный транспортер; 3 – двухбачковый экстрактор; 4 – расходомер серной кислоты; 5 – циркуляционный погружной насос; 6 – испаритель; 7 – брызгоуловитель; 8 – барботажный нейтрализатор; 9 – конденсатор; 10 – карусельный вакуум-фильтр; 11 – промежуточный сборник суспензии; 12 – барометрический сборник; 13 – основной фильтр (основного) фильтра (15), для оборотной фосфорной кислоты (16), для промывного фильтрата (17). Содержание P_2O_5 в фильтрах: Φ_1 – 28–32%, Φ_2 – 22–25%, Φ_3 – 5–10%.

гемигидратные процессы пока не получили из-за повышенной температуры (80–100 °C), выделения HF в газовую фазу, более низкого выхода P_2O_5 в к-ту, чем в дигидратном методе. В усовершенствованных пром. схемах предусмотрено предварит. смачивание апатитового сырья в скоростном смесителе, разделение зон растворения и кристаллизации и др. Проведение процесса при содержании H_2SO_4 в жидкой фазе пульпы 0,2–1,0% в первом реакторе и 2,0–3,0% во втором позволяет снизить кол-во растворенного сульфата Ca в продукционной Ф.к., значительно уменьшить зарастание оборудования и трубопроводов, существенно интенсифицировать работу осн. технол. узлов.

Ангидридный способ имеет ряд преимуществ перед дигидратным и полудигидратным: позволяет без упаривания получать к-ту, содержащую до 50% P_2O_5 ; при экстракции в газовую фазу выделяется большая часть фтора; получаемая к-та меньше загрязнена сульфатом Ca . Использование метода в пром-сти сдерживают: жесткие коррозионные условия (высокие температуры и концентрации Ф.к.), образование мелких кристаллов и необходимость большого числа ступеней противоточной промывки.

Комбинированные способы получения экстракционной Ф.к. – гемигидратно-дигидратный и дигидратно-гемигидратный – более технологичны и экономичны, чем одностадийные. Обеспечивают повышение степени использования фосфатного сырья (за счет снижения технол. потерь P_2O_5), увеличение концентрации продукционной Ф.к., получение более чистого сульфата Ca с целью его дальнейшей переработки.

За рубежом широко распространены гемигидратно-дигидратные схемы, внедрен также дигидратно-гемигидратный способ. Однако комбинир. процессы иногда усложнены двойным фильтрованием или нетехнологичны из-за высокой продолжительности стадии перекристаллизации в гемигидратно-дигидратном методе (общая продолжительность процесса 10–16 ч в зависимости от сырья). Из усовершенствованных комбинир. технологий наиб. интерес представляет отечеств. дигидратно-гемигидратный процесс с промежуточным фильтрованием. Метод позволяет получать из апатитового концентрата Ф.к., содержащую 33–34% P_2O_5 , из фосфоритов Карау – Ф.к., содержащую 28–30% P_2O_5 . Степень извлечения P_2O_5 из сырья ок. 99%. Продолжительность процесса не превышает 6 ч. Фосфополигидрат (фосфогемигидрат) содержит менее 0,5% P_2O_5 и 0,15% F и м. б. применен как вяжущее ср-во в строит. материалах.

Термич. Ф.к. выпускается 85–86%-ная (по P_2O_5 , свободна от примесей), экстракционная – в виде 40%-ных водных р-ров (содержит много примесей).

Применение. Осн. область использования Ф.к. – производство фосфорных и сложных конц. удобрений, а также получение кормовых фосфатов, синтетич. моющих и водоумягчающих ср-в. В металлообрабатывающей пром-сти Ф.к. применяют для фосфатирования, в текстильной – для обработки и крашения шерсти, растит. и синтетич. волокон, в орг. синтезе – как катализатор. Ф.к. и ее производные используют также для приготовления буровых суспензий при нефтедобыче, в произ-ве разл. марок спец. стекла, в фотографии (для произ-ва светочувствит. эмульсий), в медицине (приготовление медикаментов, зубных цемента), при обработке древесины (для придания огнестойкости). Производные Ф.к. применяют в пищ. пром-сти – от хлебопекарных порошков и приготовления плавленых сыров до колбасного произ-ва и сахароварения.

Ф.к. при высоких концентрациях вызывает ожоги, пары – атрофию. процессы в слизистой носа, носовые кровотечения, крошение зубов, изменение ф-лы крови и др.; LD_{50} 1,25 г/кг (внутрижелудочно), LC_{50} 25,5 кг/м³ (ингаляция) – для мышей и крыс.

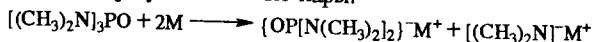
Лит.: Термическая фосфорная кислота, соли и удобрения на ее основе, под ред. Н.Н. Постникова, М., 1976; Лурье Ю.Ю., Справочник по аналитической химии, 5 изд., М., 1979; Технология фосфора, под ред. В.А. Ершова, В.Н. Белова, Л., 1979; Переработка фосфора, Л., 1985; Технология фосфорных и комплексных удобрений, под ред. С.Д. Эвсичика, А.А. Бродского, М., 1987; Кислотные методы переработки фосфатного сырья, М., 1988.

Н.В. Букколини.

ФОСФОРНОВАТАЯ КИСЛОТА, см. *Фосфора кислоты*.
ФОСФОРНОВАТИСТАЯ КИСЛОТА, см. *Фосфора кислоты*.

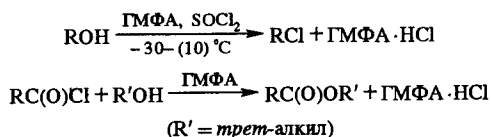
ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ГЕКСАМЕТИЛТРИАМИД [ГМФА, гексаметилтриамидофосфат, гексаметилфосформид, оксид трис-(диметиламино)фосфина, гексаметапол, ГМТФК, гемп] $[(CH_3)_2N]_3PO$, мол. м. 179,19; бесцв. подвижная жидкость со слабым аминным запахом; т. пл. 7,2 °C, т. кип. 232 °C, 94–96 °C/6 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,027; n_D^{20} 1,4569; μ 18,3 · 10⁻³⁰ Кл · м; ϵ 30; раств. в воде и мн. орг. р-рителях, не раств. в парафиновых углеводородах; с $CHCl_3$ и CH_2Cl_2 образует неустойчивые комплексы, эти р-рители используют для экстракции ГМФА из воды.

ГМФА – апротонный биполярный р-ритель; в нем раств. щелочные металлы, соли, многие элементоорг. соед. (напр., в среде ГМФА получают $RMgX$, RLi , ROM , где M – металл). Р-ры Li , Na , K в ГМФА окрашены в синий цвет, что связано с образованием ион-радикалов; в присут. других р-рителей, вероятно, образуются ионные пары:

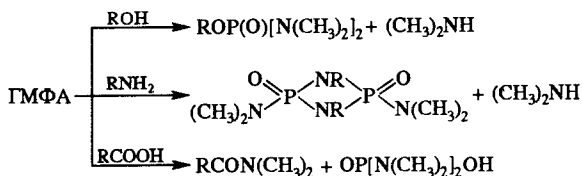


При пропускании в эти р-ры NH_3 или PH_3 образуются амиды MNH_2 или фосфиды MPH_2 металлов; последние с RNaI дают первичные фосфины RPH_2 , наряду с к-рыми могут образоваться фосфонаты $\text{RP(O)[N(CH}_3)_2]_2$ (благодаря атаке катиона R^+ на анион $\{\text{OP[N(CH}_3)_2]_2\}^-$).

ГМФА обладает электронодонорными св-вами, образует устойчивые аддукты с HNaI , что используют в нек-рых р-циях, напр.:



ГМФА входит в качестве лиганда в комплексы на основе переходных металлов, напр. $\text{Th}\{[(\text{CH}_3)_2\text{N}]_3\text{PO}\}_2\text{Cl}_4$, $\text{UO}_2\{[(\text{CH}_3)_2\text{N}]_3\text{PO}\}_4(\text{ClO}_4)_2$ и др. При нагр. способен отщеплять HNaI от органилгалогенидов (напр., HBr от α -бромкетонов с образованием α , β -непредельных кетонов), а также фосфорилировать спирты и амины, амидировать карбоновые к-ты, напр.:



ГМФА обычно получают р-цией $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ и POCl_3 в орг. р-рителе при 60–100 °С. Р-цию проводят в избытке диметил-амин или в присут. NH_3 или др. амина. Осадок гидрохлорида амина отделяют, р-ритель отгоняют, конечный продукт при необходимости перегоняют в вакууме (выход 90–95%).

ГМФА образуется также окислением гексаметильтриамида фосфористой к-ты (окислители – N_2O_4 , H_2O_2 и др.) либо р-цией диметиламина с $\text{HP(O)[N(CH}_3)_2]_2$ в присут. CCl_4 .

Многие орг. соед. в сочетании с ГМФА используют в качестве реагентов в орг. синтезе, напр. ГМФА с пербромидом фенилтриметиламина $[\text{PhN(CH}_3)_3]^+\text{Br}_3^-$ – как бромлирующий агент; с тиопропилатом лития $\text{C}_3\text{H}_5\text{SLi}$ – для расщепления эфиров до соответствующих к-т; с сульфурир. боргидридом натрия NaBH_2S_3 – как восстановитель кетонов, альдегидов, оксимов; смесь ГМФА с Na и трет-бутиловым спиртом – как восстановитель α , β -ненасыщ. кетонов; смесь ГМФА с KOH и трет-бутиловым спиртом – для автоокисления алкилбензолов до ароматич. карбоновых к-т, а также тиолов и дисульфидов до сульфокислот.

ГМФА – светостабилизатор ПВХ, хемотростерилизатор для насекомых, промотор стереоспецифич. р-ций, р-ритель.

ГМФА обладает общеядовитым действием по отношению к теплокровным, предположительно, канцерогенными св-вами. Т. всп. 105 °С.

Лит.: Корбренд Д., Фосфор. Основы химии, биохимии, технологии, пер. с англ., М., 1982, с. 271; Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, пер. с англ., т. 1, М., 1970, с. 195. Г. И. Дрозд.

ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ, содержат в качестве осн. питат. элемента фосфор. Различают след. виды Ф.у.: водорастворимые (напр., *аммофос*, *диаммофос*, *суперфосфаты*); цитраторастворимые – раств. в щелочном р-ре цитрата аммония (*преципитат* и др.); лимоннорастворимые – раств. в 2%-ном водном р-ре лимонной к-ты (обесфторенные фосфаты, плавяный магниевый фосфат, термофосфаты, фосфатные сталеплавильные шлаки и др.); труднорастворимые – очень плохо раств. в слабых к-тах, не раств. в воде (*фосфоритная мука*, костная мука). Степень р-римости Ф. у. определяет желательные размеры их частиц. Водорастворимые удобрения используют в осн. в виде гранул (1–4 мм), цитрато- и лимоннорастворимые – обычно в виде порошков, труднорастворимые – только в виде тонкодисперсных порошков. О содержании питат. компонентов в

наиб. распространенных Ф. у. см. в ст. *Минеральные удобрения*.

Осн. сырье для произ-ва большинства Ф. у. – прир. фосфаты (см. *Апатит*, *Фосфориты*). Способы их переработки: кислотное разложение (H_2SO_4 или H_3PO_4 – суперфосфаты); электролиз (напр., в рядки) и послед. окисление фосфора с образованием термич. H_3PO_4 (двойной суперфосфат); гидротермич. разложение с удалением фтора и переводом фосфора в цитрато- и лимоннорастворимые формы (обесфторенные фосфаты); спекание или сплавление с соед. щелочных и щел.-зем. металлов (термофосфаты); дробление, сушка и тонкое измельчение (фосфоритная мука).

Среди всех видов Ф. у. наиб. универсальны водорастворимые удобрения, к-рые применяют на любых почвах под все с.-х. культуры при допосевном (основном), припосевном (напр., в рядки) и послепосевном (для подкормки) способах внесения. Цитрато- и лимоннорастворимые удобрения также используют на любых почвах под все культуры, но преим. для основного внесения под вспашку. Этим же способом вносят в кислые почвы в более высоких дозах труднорастворимые удобрения.

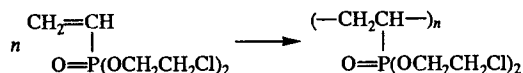
Гл. продукция пром-сти Ф. у. – водорастворимые удобрения (90% от общей выработки). Мировое произ-во 36 млн. т в год (в пересчете на P_2O_5 ; 1987), в т.ч. в СССР 9 млн. т в год (1988). См. также *Аммония фосфаты*, *Комплексные удобрения*, *Нитрофосфаты*, *Фосфаты неорганические*.

Лит.: Справочная книга по химизации сельского хозяйства, под ред. В.М. Борисова, 2 изд., М., 1980; Кармышов В.Ф., Химическая переработка фосфоритов, М., 1983; Смирнов П.М., Муравин Э.А., Агрохимия, 2 изд., М., 1984; Технология фосфорных и комплексных удобрений, под ред. С.Д. Эвсиченко, А.А. Бродского, М., 1987; Позин М.Е., Технология минеральных удобрений, 6 изд., Л., 1989. В.Ф. Кармышов.

ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ, содержат в макромолекуле атомы фосфора. Для Ф. п. характерны высокая огнестойкость, хорошая адгезия к металлам, стеклу и др. материалам, ионообменные и комплексообразующие свойства.

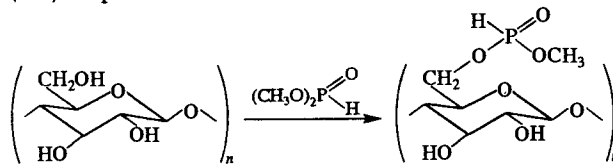
Значит. роль в живой природе играют прир. Ф. п. – *нуклеиновые кислоты* и *теichoевые кислоты*.

Карбоцепные Ф. п. получают радикальной полимеризацией или сополимеризацией фосфорсодержащих мономеров, напр. *бис-(β-хлорэтил)винилфосфоната* (винифоса):

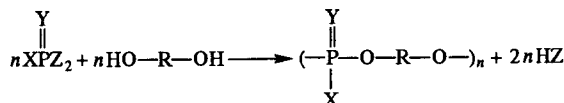


Для получения карбоцепных Ф. п. используют также полимераналогичные превращения, напр. взаимод. P_4S_{10} с полиэтиленом, диалкилфосфитов с каучуком, PCl_3 с полистиролом в присут. к-т Льюиса, О-фосфорилирование полиаллилового спирта.

Фосфорилированием целлюлозы, др. полисахаридов, белков и др. получают гетероцепные Ф. п. с атомами Р в боковой цепи, напр.:



Гетероцепные Ф. п. с атомом Р в осн. цепи (полиэфиры, полиамиды, полиуретаны и др.) получают гл. обр. поликонденсацией. Полиэфиры (полифосфиты, полифосфониты, полифосфонаты, полифосфаты) обычно синтезируют по схеме:



X – алкил, арил, алкоксил, ароксил; Y – O, S или неподеленная электронная пара; Z – обычно Cl, а также алкоксил и др.; R – алкилен, арилен.

Ф. п. — термо- и звукоизоляционные материалы, селективные ионообменники, лиганды в металлокомплексных катализаторах, стабилизаторы полимеров и др.; их используют для создания негорючих тканей.

См. также Координационные полимеры, Полифосфазены.

Лит.: Гефтер Е.Л., Фосфорорганические мономеры и полимеры, М., 1960; Олкок Г., Фосфоразотистые соединения, пер. с англ., М., 1976; Копылова В.Д., Меквабшвили Т.В., Гефтер Е.Л., Фосфоросодержащие иониты, Воронеж, 1992; Predvoditelev D.A. [a. o.], «Cell. Chem. Technol.», 1967, v.1, p. 179.

ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, содержащие фосфор, в молекулах атом Р, связанный с орг. радикалами непосредственно или через гетероатом (О, S, N и др.). Первые Ф.с. (смесь метилфосфинов) получены в 1846 Л. Тенаром и И. Берцелиусом при метилировании фосфида Са.

Классификация. Ф. с. можно классифицировать по кол-ву заместителей у атома Р (координационному числу), к-рых м. б. от 1 до 6. Примеры соед. с разл. координационным числом атома Р приведены в табл. 1.

Табл.1.- ПРИМЕРЫ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ КООРДИНАЦИОННЫМИ ЧИСЛАМИ АТОМА Р

Координационное число	Соединение
1	$(\text{CH}_3)_3\text{CC}\equiv\text{P}$
2	$[(\text{CH}_3)_2\text{N}]_2\text{C}=\text{PH}$
3	$\text{P}(\text{OCH}_3)_3$; $\begin{matrix} (\text{CH}_3)_3\text{C} \\ (\text{CH}_3)_3\text{C} \end{matrix} \text{N}^+ \begin{matrix} \diagup \\ \diagdown \end{matrix} \begin{matrix} \text{NC}(\text{CH}_3)_3 \\ \text{NC}(\text{CH}_3)_3 \end{matrix}$
4	$(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{PO}$; $\text{P}^+(\text{CH}_3)_4$
5	$\text{C}_6\text{H}_5(\text{CH}_3)_2\text{P}(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$
6	CF_3PFH_4

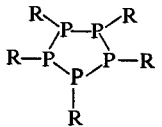
По др. классификации, охватывающей наиб. распространенные Ф. с., выделяют фосфорсодержащие к-ты (см. также *Фосфора кислоты*) и их производные (табл. 2), а также фосфины и родств. соединения.

Табл.2.- НАЗВАНИЕ НЕКОТОРЫХ КИСЛОТ ФОСФОРА, ИХ ЭФИРОВ И СОЛЕЙ

Формула	Кислоты	Эфиры и соли
Производные пятивалентного Р		
$(\text{HO})_3\text{PO}$	Ортофосфорная к-та (фосфорная к-та)	Фосфаты
$\text{RP}(\text{O})(\text{OH})_2$	Фосфовые к-ты	Фосфонаты
$\text{R}_2\text{P}(\text{O})\text{OH}$	Фосфиновые к-ты	Фосфинаты
Производные трехвалентного Р		
$\text{HP}(\text{OH})_2^*$	Гипофосфористая к-та (фосфорноватистая к-та)	Гипофосфиты
$\text{P}(\text{OH})_3$	Фосфористая к-та	Фосфиты
$\text{RP}(\text{OH})_2^*$	Фосфинистые к-ты	Фосфиниты
$\text{R}_2\text{P}(\text{OH})^*$	Фосфинистые к-ты	Фосфиниты

* Используются ф-лы таутомерных форм к-т с трехвалентным атомом Р.

К Ф. с. второго типа относятся первичные RPH_2 , вторичные R_2PH и третичные R_3P фосфины, а также окисленные формы последних: фосфиноксиды R_3PO , фосфинсульфиды R_3PS (см. *Фосфиноксиды и фосфинсульфиды*), фосфоселениды R_3PSe , *фосфазосоединения* $\text{R}_3\text{P}=\text{NR}$ и *фосфацилкены* $\text{R}_3\text{P}=\text{CR}_2$. Ко второму типу принад-



лежат также фосфониевые соединения $R_4\overset{+}{P}\bar{X}$ и фосфораны R_5P .

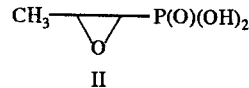
Известны также полифосфины и их производные [напр., дифосфины R_2P-PR_2 , циклопентафосфины (ф-ла I)] и металлокомп-

лексы [напр., $(\text{RO})_3\text{P}\cdot\text{CuBr}$, $(\text{R}_3\text{P})_3\text{RhCl}$, $\text{R}_3\text{PO}\cdot\text{SnR}_4$]. Во всех приведенных ф-лах радикалы R м. б. одинаковыми или различными.

Распространение в природе. Разнообразные Ф. с. содержатся в живых организмах, где выполняют ответственные биол. ф-ции. К ним, напр., относятся *нуклеиновые кислоты, нуклеотиды, фосфаты моносахаридов* (напр., глюкозо-1- и глюкозо-6-фосфаты), *нуклеозидмоноциклофосфаты* (напр., *аденозинмонофосфат циклический*), разл. типы *фосфолипидов* и др. К прир. Ф. с. также относят производные фосфоновых к-т – антибиотик фосфомицетин (II), фосфорные аналоги α - и β -аминокарбоновых кислот и пептиды на их основе.

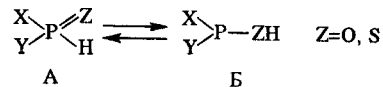
$$\text{CH}_3 - \text{C} \begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \diagdown \quad \diagup \end{array} \text{P(O)(OH)}_2$$

II



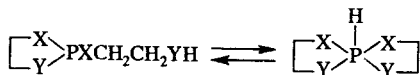
Физические свойства. Ф. с. могут быть газами, жидкостями или твердыми в-вами. Для идентификации и изучения их св-в используют все осн. физ.-хим. методы, но в первую очередь – спектроскопию ЯМР^{31P}. Величины хим. сдвигов определяются гл. обр. электроотрицательностями атомов, связанных с атомом Р, и степенью обратного π-дативного взаимодей. с ним. Сигналы ЯМР^{31P} располагаются в очень широкой области значений (неск. сотен м.д.) и проявляют при этом выраженную специфичность (рис.).

Химические свойства. 1. Таутомерия. Для гидрофосфорильных соединений и тиогидрофосфорильных соедин. известен такой вид прототропии:

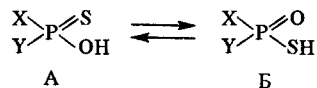


Как правило, равновесие сдвинуто в сторону формы А, однако при наличии сильных электроноакцепторных заместителей X и Y [напр., $(\text{CF}_3)_2\text{POH}$] – в сторону Б.

Циклич. средние фосфиты и амидофосфиты с протонодонорной группой в боковой цепи могут частично или полностью превращаться в гидроспирофосфорановые формы:

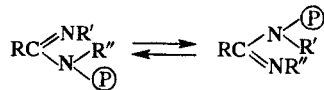


Тиокислоты фосфора характеризуются особым видом прототропии:



Увеличение электроноакцепторных св-в заместителей X и Y приводит к накоплению формы Б.

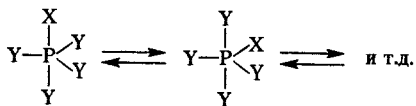
В химии Ф. с. известны и фосфотропные процессы, напр.:



Ⓟ – фосфорная компонента

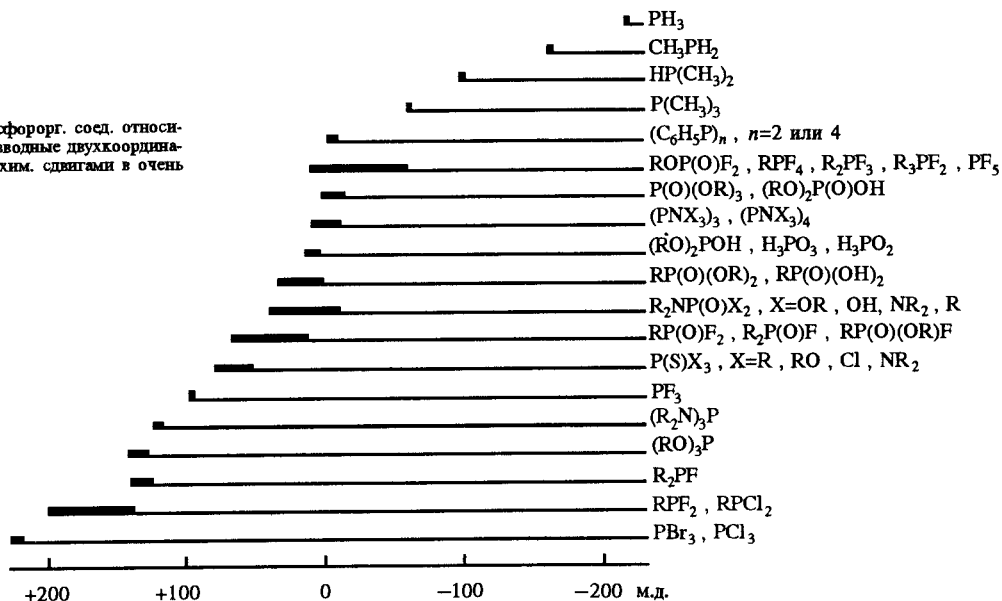
Если радикалы R и R' одинаковые, то процесс является вырожденным.

Особый вид таутомерии (*псевдовращение*) характерен для фосфоранов, к-рые способны обменивать у атома Р заместители, занимающие аксиальные и экваториальные положения:

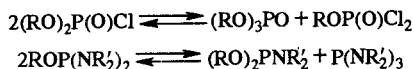


Принцип псевдовращения широко используют для объяснения механизмов реакций Ф. с.

Области хим. сдвигов ^{31}P фосфорорг. соед. относительно 85%-ной H_3PO_4 ; производные двухкоординационного Р характеризуются хим. сдвигами в очень сильных полях (до 450 мд.).

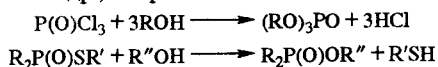


2. Диспропорционирование. Производные пяти- и особенно трехвалентного Р, в молекулах к-рых атомы Р связаны с разл. электроноакцепторными группами, склонны к межмол. обмену этими группами, напр.:

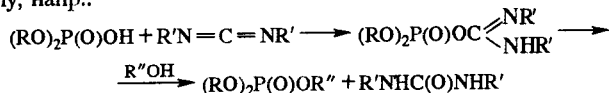


Диспропорционирование обычно катализируется к-тами. Наличие циклич. фрагментов в молекуле препятствует диспропорционированию.

3. **Фосфорилирование.** С помощью Ф.с., в молекулах к-рых атом Р связан с электроноакцепторной (уходящей) группой, можно вводить фосфорный остаток в состав нуклеофилов (осуществлять *фосфорилирование*). В качестве уходящих групп обычно выступают галогениды, алкокси-, тиоалкоксигруппы и др., напр.:

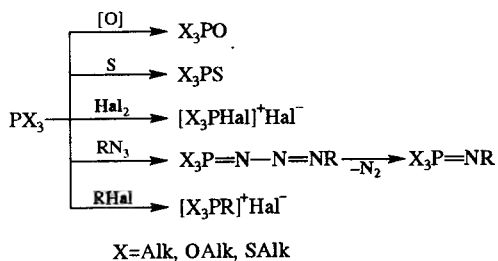


К-ты также используют в качестве фосфорилирующих ср-в, однако, как правило, после предварит. активации, т. е. после превращения кислотного гидроксила в легкоотходящую группу, напр.:

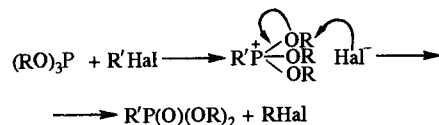


Производные к-т с трехвалентным атомом Р проявляют более высокую фосфорилирующую активность, чем производные к-т с пятивалентным атомом Р.

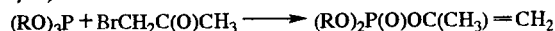
4. Важнейшие реакции производных трехвалентного Р. Эти соед. легко окисляются, присоединяют атомы S, Se, Te, NaI, иминируются, алкилируются:



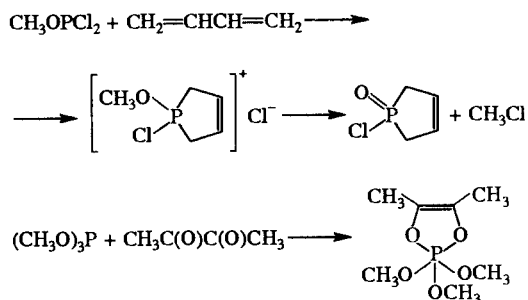
Если $X = \text{OAlk}$, SAlk , то первичный продукт взаимод. PX_3 с RNaI далее распадается с образованием фосфорильного (тиофосфорильного) соед. (*Арбузова реакция*):



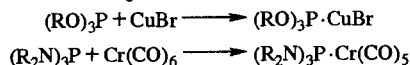
При взаимодействии средних фосфитов с α -галогенкарбонильными соед. может происходить как р-ция Арбузова, так и иной процесс, приводящий к фосфовиниловым эфирам (Перкова реакция):



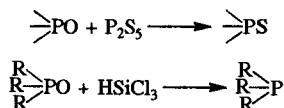
Многие производные трехвалентного Р присоединяются к сопряженным диенам и другим π,π-сопряженным системам; образующиеся продукты могут выделяться как целевые в-ва либо без выделения вступать в дальнейшие превращения, напр.:



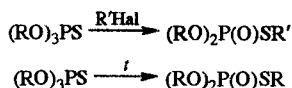
Соед. с трехвалентным атомом Р легко образуют комплексы с производными переходных металлов, напр.:



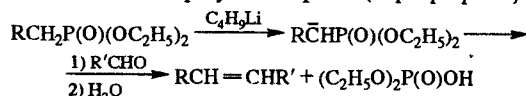
5. Важнейшие р-ции производных пятивалентного Р. Кислород фосфорильной группы в таких Ф. с. заменяется на серу под действием P_2S_5 . В молекулах третичных фосфиноксидов он элиминируется при восстановлении трихлорсиланом:



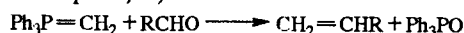
Сложные эфиры тионовых к-т при действии алкилгалогенидов или при нагр. претерпевают *тион-тиольную перегруппировку*:



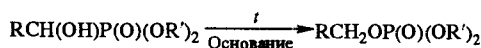
В большинстве фосфорильных соед. со связью С—Р α-метиленовые протоны фосфорильной группы подвижны, что приводит к их депротонированию при действии сильных оснований. Образующиеся карбанионы при взаимодействии с альдегидами и кетонами образуют олефины (*Хорнера реакция*):



Подобная р-ция происходит под действием фосфиналкиленов (*Виттига реакция*):



α-Гидроксифосфонаты при нагр. в присут. оснований могут превращаться в фосфаты (*фосфонат-фосфатная перегруппировка*):

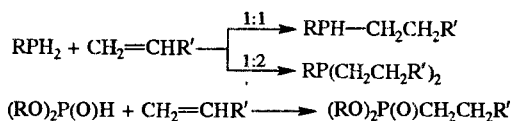


Фосфорильные соед. образуют комплексы с разл. переходными и непереходными металлами с участием кислорода фосфорильной группы. Устойчивость комплексов обычно сильно возрастает при хелатировании металла.

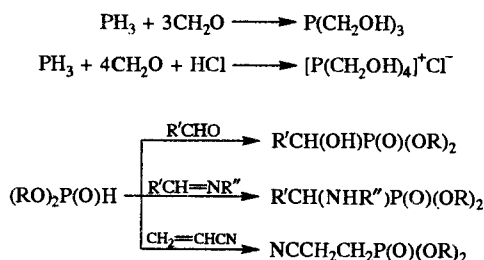
Получение Ф. с. Общий путь синтеза Ф. с. включает три последоват. стадии: 1) получение элементарного фосфора из минер. сырья; 2) превращение фосфора в неорг. производные (P_4O_{10} , PCl_3 , PCl_5 , POCl_3); 3) получение Ф. с. взаимодействием этих производных со спиртами, аминами, альдегидами, олефинами и др. Возможно также превращение фосфора в Ф. с., минуя неорг. производные (напр., путем взаимодействия элементарного Р с алкилгалогенидами или спиртами).

Среди многочисленных способов синтеза конкретных Ф. с. (они приведены в статьях о группах соед.) выделяют методы, позволяющие получать соед. со связью С—Р. Эти методы приведены ниже.

Фосфины и гидрофосфорильные (тиогидрофосфорильные) соед. в условиях гомолитич. р-ций легко присоединяются к олефинам с образованием связи С—Р:



Эти же соед. в условиях гетеролитич. р-ций присоединяются по связям С=О, С=N, С=S, С=C с образованием разнообразных функционализир. Ф. с.:



При алкилировании и арилировании средних эфиров к-трехвалентного Р образуется новая связь С—Р (р-ция Арбузова). Аналогично осуществляется р-ция с использованием металлич. солей гидрофосфорильных соед. (*Михаэлиса – Беккера реакция*):



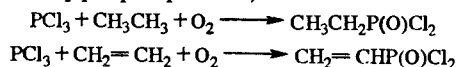
Этот синтез целесообразно проводить в условиях межфазного катализа.

Галогенанидиды орг. к-т фосфора образуются при присоединении PCl_5 и родственных в-в к непредельным соед.:

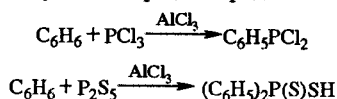


Эта р-ция хорошо идет в случае использования виниловых эфиров.

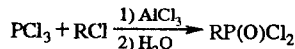
При взаимодействии алканов или алкенов с PCl_3 и кислородом образуются сложные смеси в-в, осн. компонентами к-рых являются дихлоранидиды фосфоновых к-т (см. также *Окислительное хлорфосфорирование*):



Ароматич. соед. легко фосфорилируются PCl_3 , P_2S_5 и др. электрофилами в условиях р-ции Фриделя – Крафта:

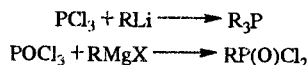


Алкилгалогениды в присут. к-т Льюиса алкилируют PCl_3 с образованием связи С—Р (*Клея – Киннера – Перрена реакция*):



При нагр. белого или красного Р с арил- или алкилгалогенидами образуется смесь хлорфосфинов. Вариант этой р-ции, представляющий практич. значение, — алкилирование Р в присут. иода.

Связь С—Р образуется также при взаимодействии галогенанидидов к-т фосфора с металлоорг. соед.; при этом один или неск. атомов галогена обмениваются на углеводородные радикалы:



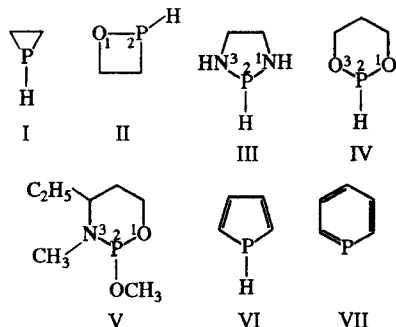
В нек-рых случаях в эти р-ции нуклеоф. замещения по атому Р вступают и эфиры к-т фосфора.

Применение. Ф. с. широко используют в технике, с. х-ве и медицине. Многие из них в качестве комплексонных и экстрагентов применяются при получении цветных и редких металлов; для борьбы с коррозией и отложением солей в техн. водах; в качестве стабилизаторов и пластификаторов полимеров; в качестве мономеров для ионообменных и термостабильных полимеров, присадок для смазочных масел и гидравлич. жидкостей. Многие Ф. с. — лек. ср-ва, пестициды, фторореагенты, ПАВ; нек-рые фосфаты и фосфины, в т.ч. обладающие оптич. активностью, применяют для получения металлокомплексных катализаторов. Среди Ф. с. имеются отравляющие вещества. См. также *Фосфорсодержащие гетероциклы*.

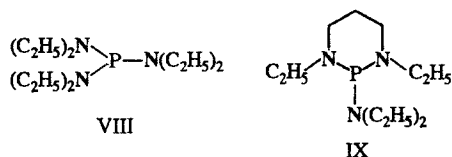
Лит.: Кабачник М.И., Фосфорорганические вещества, М., 1967; Нифантьев Э.Е., Химия фосфорорганических соединений, М., 1971; Пурдес-Лад, В. Вылчану Р., Химия органических соединений фосфора, пер. с рум. М., 1972; Арбузов А.Е., Избранные труды по химии фосфорорганических соединений, М., 1976; Корбридж Д., Фосфор. Основы химии, биохимии, технологии, пер. с англ., М., 1982; Нифантьев Э.Е., Кухарева Т.С. Обзор монографий и обзоров по химии фосфорорганических соединений, М., 1989; Sasse K., в кн.: Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, 4 Aufl., Bd 12/1, Bd 12/2, Stuttgart, 1963–64; Organic phosphorus compounds, eds. G.M. Kosolapoff, L. Maier, v. 1–7, N.Y.–[a.o.], 1972–76; Dictionary of organophosphorus compounds, ed. R.S. Edmundson, L., 1988. Э.Е. Нифантьев.

ФОСФОРСОДЕРЖАЩИЕ ГЕТЕРОЦИКЛЫ, гетероциклич. соед., содержащие в цикле в качестве гетероатома один или неск. атомов фосфора (наряду с др. гетероатомами или без них).

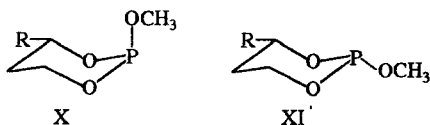
Называют Ф. г. по правилам номенклатуры *гетероциклических соединений* с использованием префикса «фосфа» (в нек-рых случаях «фосф» и «фосфор»; последний применяют всегда, если корень начинается с букв «ин»). Цифровые индексы указывают положение заместителей в кольце. Напр.: соед. I наз. фосфиран, соед. II – 1,2-оксафосфетан, соед. III – 1, 2, 3-диазафосфолан, соед. IV – 1, 3, 2-диоксафосфоринан, соед. V – 3-метил-2-метокси-4-этил-1, 3, 2-оксазафосфоринан, соед. VI – фосфол, соед. VII – фосфорин.



Наиб. подробно изучены моноциклич. Ф. г. Насыщенные моноциклич. Ф. г. во многом напоминают по св-вам соответствующие ациклич. соединения. Так, соед. VIII и IX проявляют примерно одинаковую склонность к окислению, сульфуризации, алкилированию. Оба реагируют со спиртами с разрывом связи P—N. Однако ациклич. соед. легко обменивает на алкоксил все три амидогруппы, а циклические – только одну (экзоциклическую); др. группы также могут принимать участие в обмене, но в более жестких условиях.

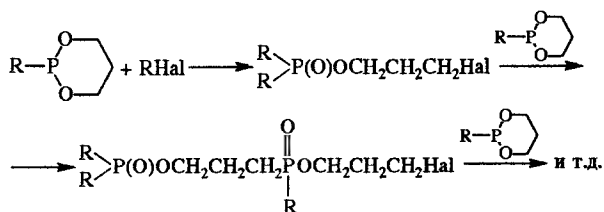


Реакц. способность таких гетероциклов зависит и от их геометрии. Так, стереоизомер X с аксиальной алкоксильной группой легче окисляется по атому P, чем стереоизомер XI с такой же группой в экваториальном положении.

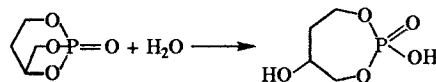
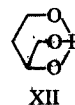


Размер кольца в Ф. г. также определяет ряд св-в этих соединений. Как правило, 1,3,2-диоксафосфоринаны (6-членные гетероциклы) являются более электронодонорными соед., чем подобные 1, 3, 2-диоксафосфоланы (5-членные гетероциклы).

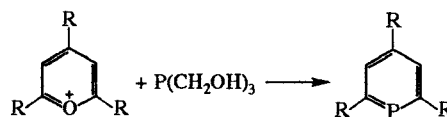
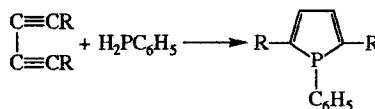
Ф. г., содержащие в цикле связи P—O, могут полимеризоваться. Катализаторы такого процесса – алкилгалогениды, «включающие» механизм *Арбузова реакции*, напр.:



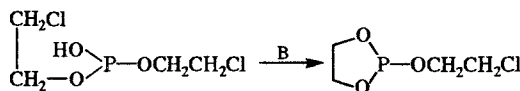
Большим своеобразием обладают напряженные бициклич. Ф. г. (напр., соед. XII). Угловое напряжение в связях O—P—O таких соед. приводит к понижению основности и нуклеофильности бициклов. По этой причине бициклофосфиты более стабильны, чем триалкилфосфиты. У этих соед. очень легко (значительно легче, чем у триалкилфосфатов) происходит разрыв связи P—O при действии протонсодержащих нуклеофилов; эта р-ция проявляет высокую региоселективность, напр.:



Для получения Ф. г. используют разл. р-ции, напр.:



Важную роль в получении Ф. г. играют фосфоэфирные циклизации, напр. (B – основание):



К Ф. г. относятся нек-рые очень важные прир. в-ва (напр., *аденозинмонофосфат циклический*), лек. ср-ва, пестициды, лиганды для металлокомплексных катализаторов, мономеры. Ф. г. широко используют в тонком орг. синтезе.

См. также *Дигетерофосфоланы*, *Дигетерофосфоринаны*.

Лит.: Пурдела Д., Виллану Р., *Химия органических соединений фосфора*, пер. с рум., М., 1972; Нифантьев Э.Е., Завалишина А.И., «Успехи химии», 1982, т. 51, в. 10, с. 1601-37; Черкасов Р.А. [и др.], «Успехи химии», 1982, т. 51, в. 8, с. 1305-36; Mathy F., «Topics phosphorus chemistry», 1980, v. 10, p. 1-128; Quin L., *The heterocyclic chemistry of phosphorus systems based on the phosphorus-carbon bond*, N.Y., 1981.

Э.Е. Нифантьев.

ФОСФОСФИНГОЛИПИДЫ, *сфинголипиды* главным образом общей ф-лы $RCH(OH)CH(NH_2COR')CH_2OP(O)(O^-)X$, где X = OH (церамидфосфаты); $OCH_2CH_2N^+(CH_3)_3$ (сфингомиелины); $OCH_2CH_2NH_3^+$ (церамидфосфоэтанолламины); $OCH_2CH(OH)CH_2OH$ (церамидфосфоглицерины); $OCH_2CH(OH)CH_2OP(O)(OH)_2$ (церамидфосфоглицерофосфаты); $OCH_2CH(OH)CH_2NH_3^+$ (церамидфосфоаминопропандиолы); $CH_2CH_2NH_3^+$, $CH_2CH_2NH_2CH_3$, $CH_2CH_2NHC(O)R''$ (церамидиноэтилфосфаты и их производные); R, R' и R'' у всех Ф. – алкил, алкенил или гидроксилалкил. К Ф. относятся также 1-дегидроксицерамид-1-фосфонаты $RCH(OH)CH(NH_2COR')$, $CH_2P(O)(O^-)X$.

Главный представитель Ф. у теплокровных – сфингомиелины. Они также обнаружены в грибах и микроорганизмах; сфингоэтанолламины выделены из тканей насекомых и их простейших. У микроорганизмов встречаются церамидфосфоглицерины, церамидфосфоглицерофосфаты, церамидфосфоаминопропандиолы.

В растениях и грибах встречаются соед. специфич. структуры, у к-рых X – остатки *мио*-инозита или углеводов (т. наз. фосфогликофосфинголипиды). Наб. простой из них – церамидфосфоинозитид (X – остаток *мио*-инозита), к-рый выделен из семян высших растений, грибов и микро-

организмов. Функциональная роль почти всех Ф., кроме сфингомиелинов, изучена слабо.

Биосинтез Ф. осуществляется из керамидов $RCH(OH)CHNH(COR')CH_2OH$, на к-рые остаток $P(O)(O^-)X$ переносится с помощью замещенного цитидиндифосфата.

Хим. синтез большинства Ф. осуществлен через керамидфосфат или керамидпирофосфат. 1-Дегидроксисфинганин-1-фосфонат $C_{15}H_{31}CH(OH)CH(NH_2)CH_2P(O)(OH)_2$, полученный синтетич. путем, был использован для изучения специфичности ферментов обмена Ф. Он оказался очень токсичным для животных, вызывает гемолиз эритроцитов в концентрации $2 \cdot 10^{-5}$ М.

Лит.: Хьюкс липидов, М., 1983; Phospholipids, eds. J.N. Hawthorne, G.B. Ansell, Amst.-N.Y.-OxL., 1982; The lipid handbook, eds. F.D. Gunstone, J.L. Harwood, F.B. Padley, L.-N.Y., 1986. Е.Н. Звонкова.

ФОТОБУМАГА, см. Бумага фотографическая.

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ (фотоматериалы), светочувствит. материалы, предназначенные для получения фотографич. изображения. Различают галогеносеребряные Ф. м., в к-рых светочувствит. элементом является галогенид Ag, и несеребряные (светочувствит. элемент – соед. Fe, Cr, соли диазония и др.; см. *Репрография*).

Наиб. распространены галогеносеребряные Ф. м., к-рые, в свою очередь, классифицируют: по назначению – общего назначения (для профессиональной и любительской художественной и хроникальной фотографии), для профессиональной и любительской кинематографии, спец. назначения (для пром. и научных целей – фототехн. работ, радиографии, аэрофотостемки, астрофотографии, репродуктивования, голографии, микрофильмирования и др.); по воспроизведению цвета объекта съемки – на черно-белые, цветные и монохроматические (с однотономным окрашенным изображением); по способу применения – на негативные (для съемки), позитивные (для печати с негативов), обращаемые (для прямого получения позитивного изображения); по виду подложки – на гибкой полимерной основе (фото- и киноплёнки), на жесткой основе (фотопластинки, чаще всего из стекла, реже керамики, металла и др.), на бумаге (фотобумага), без основы (бесподложечные слои для регистрации заряженных частиц высоких энергий); по формату – на листовые и рулонные (перфорированные и неперфорированные).

Ф. м. характеризуются сенситометрическими (общая и эффективная светочувствительность, коэф. контрастности, фотографич. ширина, оптич. плотность вуали, макс. оптич. плотность изображения и др.), структурно-резкозными (разрешающая способность, среднеквадратич. гранулярность, ф-ция передачи модуляции и др.) и физ.-мех. (термостойкость, мех. прочность слоев, влагостойкость, скручиваемость, уд. поверхностное электрич. сопротивление и др.) показателями. Сенситометрические и структурно-резкозные показатели зависят в осн. от размеров, формы и состава микрокристаллов AgHal, а также условий их хим. или спектральной сенсibilизации.

Осн. сенситометрич. характеристики Ф. м. определяют по эксперим. характеристич. кривой (сенситограмме, рис. 1), выражающей зависимость между логарифмом экспозиции $\lg H$ и оптич. плотностью D почернения (образованного металлич. Ag) или цветного потемнения (образованного красителями). Экспозицию H вычисляют по ф-ле: $H = Et$, где E – освещенность, t – время экспонирования (выдержка). Оптич. плотность участков фотографич. слоя, не подвергавшихся действию света, наз. оптич. плотностью фотографич. вуали D_0 ; она не зависит от экспозиции и определяется св-вами самого Ф. м. и условиями его обработки. Принятая в фотографии величина миним. оптич. плотности представляет собой сумму значений оптич. плотности вуали и оптич. плотности подложки. Наиб. оптич. плотность почернения (потемнения) Ф. м., т.е. плотность в высшей точке характеристич. кривой, наз. макс. плотностью D_{\max} .

Сенситометрич. испытания Ф. м. проводят в стандартных условиях, при к-рых важнейшим фактором является цветовая температура источника света – величина, характе-

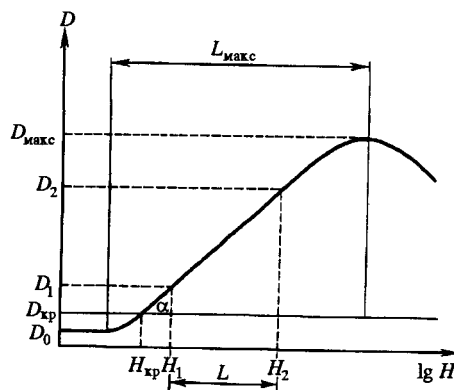


Рис.1. Характеристическая кривая зависимости оптической плотности от экспозиции (пояснение в тексте).

ризующая спектральный состав излучения источника света. Цветовая т-ра определяется т-рой абсолютно черного тела, при к-рой его излучение имеет такой же спектральный состав и такое же распределение энергии по спектру, что и излучение данного источника; выражается в кельвинах. В сенситометрич. измерениях обычно используют три цветовые т-ры: 2850 К – при испытании фотобумаг; 3200 К – для позитивных киноплёнок; 6500 К – для негативных Ф. м.

Светочувствительность S – способность Ф. м. регистрировать световое излучение и образовывать в фоточувствит. слое материала почернение (потемнение). Различают общую (к действию непрерывного излучения в видимой области спектра) и эффективную (к действию красного, оранжевого или желтого света) светочувствительность. Светочувствительность ($см^2/Дж$) рассчитывается как величина, обратная пропорциональная экспозиции: $S = 1/Et = 1/H$ (см. *Фотография черно-белая*). При характеристике Ф. м. светочувствительность измеряют, как правило, в относит. единицах – числах светочувствительности – по ф-ле $S = k/H_{кр}$, где $H_{кр}$ – экспозиция, необходимая для получения определенной оптич. плотности потемнения $D_{кр}$ (критерий светочувствительности); k – коэф. пропорциональности, имеющий определенное принятое значение для каждого из видов Ф. м. Для черно-белых негативных Ф. м. общего назначения для критерий светочувствительности приняты оптич. плотность $D_{кр} = D_0 + 0,1$ и коэф. пропорциональности $k = \sqrt{2}$. Ниже приводятся примерные соотношения чисел светочувствительности Ф. м. в разл. сенситометрич. системах, принятых в мире, – единицах ГОСТ, или ISO – International Standards Organization, а также градусах DIN – Deutsche Industrie Normen (Германия):

Единицы ГОСТ/ISO	Градусы DIN	Единицы ГОСТ/ISO	Градусы DIN
2,0	4	200	24
5,0	8	320	26
16	13	400	27
32	16	1000	31
64	19	2000	34
100	21	3200	36

Строгого эквивалента между светочувствительностью Ф. м. и числами светочувствительности не существует; приблизительно считают, что 1 единица ГОСТ эквивалента 10^6 $см^2/Дж$.

Коэф. контрастности γ – градиент прямолинейного участка характеристич. кривой – характеризует способность Ф. м. передавать различие яркости объекта съемки по различию оптич. плотности потемнений. Определяется как тангенс угла наклона прямолинейного участка кривой к оси абсцисс: $\gamma = \tan \alpha = (D_2 - D_1)/(lg H_2 - lg H_1)$.

Фотографическая ширина L определяется как интервал яркостей объектов съемки, передаваемых на изображении с одинаковым коэф. контрастности; на характеристич.

кривой соответствует диапазону логарифмов экспозиций: $L = \lg H_2 - \lg H_1$. Интервал экспозиций, ограниченных верх. и ниж. пределами потемнений, наз. полным интервалом экспозиции $L_{\text{макс}}$ или полной фотографич. шириотой.

Разрешающая способность R – способность Ф. м. раздельно передавать мелкие детали (участки) объекта фотографирования; выражается кол-вом разрешаемых линий на 1 мм в фотографич. изображении спец. тест-объекта (т. наз. резольвометрич. мйры).

Гранулярность – флуктуации оптич. плотности равномерно экспонированного и проявленного Ф. м.; численная оценка микронеоднородности (зернистой структуры) фотографич. изображения определяется среднеквадратич. гранулярностью.

Собственная спектральная чувствительность галогенидов Ag высока только для излучения с длиной волны, меньшей или равной 500 нм. Применение сенсibilизирующих красителей (см. *Сенсibilизация оптическая*) позволяет создать Ф. м., чувствительные ко всей видимой и ближней ИК области спектра с длиной волны до 1500 нм. В зависимости от спектральной чувствительности Ф. м. делят на несенсибилизированные (обычно позитивные и рентгенографические) – чувствительные к синим и более коротким лучам света и жесткому излучению; ортохроматические и изортохроматические – чувствительные к синим и желто-зеленым лучам; панхроматические и изопанхроматические – чувствительные ко всему видимому спектру; инфракрасные – чувствительные к синим лучам и ИК излучению.

Строение фотоматериалов. Все галогеносеребряные Ф. м. состоят из светочувствит. (эмульсионных) и дополнит. (вспомогат.) слоев, нанесенных на подложку (рис. 2–4).

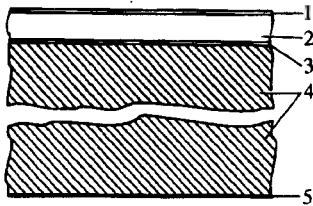


Рис.2. Строение черно-белых негативных и позитивных фотопленок: 1 – защитный слой; 2 – светочувствительный слой; 3 – подслои; 4 – подложка; 5 – противоскрывающий антистатический бесц. лаковый слой.

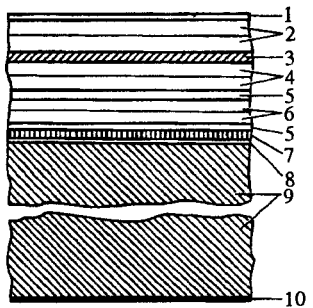


Рис.3. Строение цветной негативной фотопленки: 1 – защитный слой; 2 – синечувствительный слой (состоит из 2 подслоев); 3 – желтый фильтровый слой; 4 – зеленочувствительный слой (состоит из 2 подслоев); 5 – промежуточный слой; 6 – красочувствительный слой (состоит из 2 подслоев); 7 – противоскрывающий слой; 8 – подслои; 9 – бесц. подложка; 10 – противоскрывающий антистатический лаковый слой.

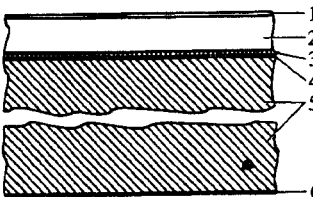


Рис.4. Строение черно-белых обрабатываемых фото- и кинопленок: 1 – защитный слой; 2 – светочувствительный слой; 3 – противоскрывающий слой; 4 – подслои; 5 – бесц. подложка из триацетата целлюлозы; 6 – противоскрывающий антистатический лаковый слой с восковым покрытием.

Основой всех Ф. м. является светочувствительный слой толщиной 3–30 мкм, к-рый представляет собой суспензию микрокристаллов AgHal (см. *Фотографические эмульсии*). Поверхностная концентрация AgHal (в пересчете на Ag) от 0,1 г/м² в малочувствит. Ф. м. до 5–10 г/м² в высокочувствит. негативных Ф. м. и до 10–35 г/м² – в радиографич.

материалах. В светочувствит. слое Ф. м. содержится до 40–60% AgHal (в нек-рых случаях, напр. в т. наз. ядерных эмульсиях, до 90%), 30–50% желатина и 5–10% влаги.

Подложкой для разл. Ф. м. могут служить стеклянные пластинки толщиной 0,8–5 мм (и более), гибкие полимерные пленки из триацетата целлюлозы толщиной 60–220 мкм или полиэтилентерефалата толщиной 25–175 мкм, а также металлич. и керамич. пластинки. Основа фотобумаги – пл. обр. бумага, картон, иногда ткань (см. *Бумага фотографическая*).

Для придания Ф. м. высоких физ.-мех., противоореольных, антистатич. и др. св-в на подложку и светочувствит. слой обычно наносят вспомогат. и дополнит. слои – подслои, защитный, противоореольный, противоскрывающий, антистатический, фильтровый, промежуточный, восковый и др.

Подслои – вспомогат. слои толщиной 0,5–1 мкм, нанесенный на подложку в целях обеспечения прочного сцепления (адгезии) светочувствит. слоя с подложкой. Подслои для фото- и кинопленок содержат коллоидный р-р желатин в воде, орг. р-ритель, растворяющий полимер подложки, и орг. к-ту, стабилизирующую коллоидный р-р желатина; подслои для фотопластинок содержат, кроме того, жидкое стекло, подслои для фотобумаги – баритовый слой.

Защитный слой представляет собой слой сильно задубленного желатина с добавкой синтетич. полимера (напр., латекса) толщиной 0,5–1,5 мкм; наносится на пов-сть эмульсионного слоя фотопленки или фотобумаги и предохраняет его от мех. повреждений и воздействия окружающей среды.

Для уменьшения ореолов отражения при съемке ярких объектов в негативных кино- и фотопленках и фотопластинках под светочувствит. слой или на обратную сторону подложки наносят противоореольный лаковый или желатиновый слой, содержащий пленкообразующее в-во и краситель или пигмент (напр., золь Ag, сажу), к-рые обесцвечиваются или вымываются в процессе обработки Ф. м. В ряде негативных пленок роль противоореольной защиты выполняет прокрашенная в массу основа. Желатиновый противоореольный слой, нанесенный на обратную сторону подложки, служит также и противоскрывающим слоем.

Противоскрывающий слой (контрслой) – лаковый слой из синтетич. полимеров, наносимый на обратную сторону подложки для улучшения плоскостности пленки, а в ряде случаев и для придания пленке глянца и улучшения антистатич. св-в.

Антистатич. слой – вспомогат. слой толщиной 0,5–1 мкм; представляет собой слой полимеров с добавками электролитов, электропроводящих наполнителей (высокочисперные сажа, графит и др.), ПАВ и др. соед., способных поглощать из воздуха заряженные частицы, нейтрализующие заряд Ф. м., или влагу, повышающую его поверхностную проводимость.

Фильтровый слой служит для поглощения нежелательных лучей света, действующих на лежащие под ним светочувствит. слои. В цветных негативных Ф. м. применяют желтый фильтровый слой, поглощающий синие лучи и состоящий обычно из коллоидных частиц Ag, равномерно распределенных в желатине. Цветные пленки с недиффундирующими цветными компонентами имеют три эмульсионных слоя, фильтровый (цветоделительный) слой и зеленый или черный противоореольный слой на обратной стороне основы. Верхний эмульсионный слой чувствителен только к синей зоне спектра, и при цветном проявлении в нем образуется изображение из желтого красителя. Средний слой чувствителен к зеленой части спектра, и при проявлении в нем образуется пурпурный краситель. Нижний слой чувствителен к красной части спектра, и в нем образуется голубой краситель. Фильтровый слой помещается между верхним синечувствит. и средним зеленочувствит. эмульсионными слоями, защищая нижележащие слои от действия на них синих лучей; тем самым выполняется одно из условий правильного цветоделения при съемке. При обработке на стадиях отбеливания и фиксирования происходит обесцвечивание фильтрового слоя.

В цветных многослойных Ф.м. между эмульсионными слоями наносят промежуточные желатиновые слои толщиной 0,5–1 мкм, уменьшающие межслойные эффекты.

Виды фотоматериалов. Негативные фотопленки общего назначения применяют для фотосъемок при дневном и искусств. освещении в художественной, репортажной, любительской и профессиональной фотографии. Выпускаются черно-белые, монохроматические или цветные Ф.м. малой, средней и высокой светочувствительности. По спектральной чувствительности черно-белые фотопленки обычно панхроматические; цветные негативные пленки выпускают разл. видов: для съемки при дневном свете – сбалансированные к цветовой т-ре 5500 К (индекс "Д"), для съемки при искусств. освещении – сбалансированные к цветовой т-ре 3200 К (индекс "Л"); для съемки при любом освещении – сбалансированные к цветовой т-ре 4200 К.

Выпускают фотопленки гл. обр. на основе триацетата целлюлозы с противореологич. и противоскручивающим слоями в виде листов или рулонов. Ширина листов до 40 см, рулонов – 16, 35 или 61,5 мм при длине до 1,65 м.

Позитивные черно-белые фотопленки предназначены для любительской фотографии и репродукционных работ. Характеризуются высокой резкостью и глубоким черным тоном получаемого мелкозернистого изображения, повышенной мех. прочностью и термостойкостью фотографич. слоя. Выпускается в виде рулонов и листов.

Обращаемые фотопленки используют для получения черно-белого или цветного изображения – диапозитивов (слайдов). Характеризуются небольшой фотографич. шириной и требуют точной экспозиции при съемке.

Фотографические материалы для промышл. и науч. целей по своим сенситометрич., структурно-резкостным и физ.-хим. св-вам подразделяются на фототехн. пленки и пластинки, радиографические, астрономич. пленки, Ф.м. для аэрофотосъемки, микрофильмирования и голографии. Характеризуются, как правило, высокой чувствительностью, контрастностью, могут иметь разл. спектральную сенсibilизацию и быть негативными или позитивными.

Фототехн. черно-белые пленки и пластинки предназначены для репродукционных и копировальных работ в полиграфии, радиоэлектронике и электротехнике. Изготавливаются на полиэтилентерефталатной (толщина 65–175 мкм) или триацетатцеллюлозной (100–200 мкм) подложках; м.б. несенсибилизированными, ортохроматическими и изопанхроматическими.

Радиографич. пленки предназначены для мед. рентгеновских и флюорографич. съемок, дозиметрич. контроля степени облучения живых организмов, наличия ионизирующих излучений, дефектоскопии, рентгеновского структурного анализа и рентгеновской спектроскопии. Характеризуются большой поверхностной концентрацией AgHal в эмульсионном слое, высоким коэф. контрастности, имеют обычно два эмульсионных слоя, нанесенных на обе стороны подложки. Различают мед., техн. и дозиметрич. радиографич. Ф.м. Выпускаются на бесцв. или окрашенной в голубой цвет подложке из триацетата целлюлозы или полиэтилентерефталата толщиной 160–220 мкм (для форматных пленок) и 135–150 мкм (для рулонных флюорографич. пленок).

Астрономич. фотопленки и пластинки предназначены для регистрации малоконтрастных объектов небольшой угловой протяженности при астрономич. наблюдениях; позволяют получать данные о спектре излучения, скорости движения, положении в пространстве и структуре небесных тел. Характеризуются высокой контрастностью, высокой разрешающей способностью; для повышения чувствительности некие астрономич. пленки подвергают гиперсенсibilизации.

Аэрофотопленки – негативные рулонные Ф.м. на гибкой полимерной подложке, предназначенные для аэросъемок. Характеризуются повышенной контрастностью; подразделяются на низкочувствит. высокоразрешающие, среднечувствит. и высокочувствит. черно-белые, спектрально-чувствительные и цветные. Черно-белые аэрофотопленки по спектральной чувствитель-

ности м.б. изопанхроматическими, ортохроматическими, инфрахроматическими или многозональными (имеют максимум спектральной чувствительности в неск. зонах излучения от УФ до ИК). Спектрально-чувствительные пленки характеризуются высокой чувствительностью как в видимой, так и ИК зонах спектра; изображение на них формируется из красителей в условных цветах. Имеют обычно два или три эмульсионных слоя, чувствительных в разл. зонах спектра; верх. слой обычно инфрахроматический, нижний – ортохроматический или панхроматический; в состав этих слоев помимо AgHal и др. составляющих входят цветообразующие компоненты, превращающиеся при цветном проявлении в красители. Выпускаются аэрофотопленки на полиэтилентерефталатной или триацетатцеллюлозной бесцветной или окрашенной подложке разл. толщины в виде рулонов.

Фотопленки для микрофильмирования (типа «Микрат») предназначены для съемки и копирования чертежно-конструкторской документации, научно-техн. информации. Характеризуются высокой разрешающей способностью и контрастностью изображения; различаются величиной светочувствительности и разрешающей способностью, областью спектральной чувствительности, типом противореологич. слоя. Выпускаются в виде листов или рулонов на полиэтилентерефталатной и триацетатцеллюлозной подложке.

Фотопленки для голографии и предназначены для записи голографич. изображения в сходящихся и встречных лучах лазерного излучения, для регистрации быстроспечивающихся процессов, неразрушающего контроля разл. изделий, в качестве элементов памяти голографич. запоминающих устройств, в медицине для голографич. съемки внутр. органов, в искусстве для съемки художеств. и историч. объектов, портретов и т.п. Характеризуются низкой светочувствительностью, повышенной контрастностью, высокой разрешающей способностью; обычно имеют панхроматич. спектральную сенсibilизацию.

Инфрахроматические фотопленки предназначены для спектрального анализа и фотосъемки в ИК лучах в лазерной и полупроводниковой технике, астрономии, криминалистике и др. Различаются по величине светочувствительности и дополнит. спектральной чувствительности в интервале 810–1360 нм. Выпускаются на бесцв. полимерной подложке на основе триацетата целлюлозы или полиэтилентерефталата толщиной 140 мкм; очень чувствительны к действию повышенных т-р, поэтому хранятся обычно при отрицат. т-ре.

Фототкани – позитивные Ф.м., предназначенные для получения черно-белых и цветных фотоотпечатков с негативов контактным и проекционными способами печати; по фотографич. св-вам близки к фотобумагам. Подложка в таких Ф.м. – аппретированные ткани из синтетич. и искусств. волокон или хл.-бум. ткани типа бязи.

Кинопленки для профессиональной и любительской кинематографии предназначены для разл. видов киносъемок и печати фильмов, записи и воспроизведения звука. Разделяются на черно-белые и цветные. Выпускают кинопленки след. типов: негативные, позитивные, обращаемые, контратипные (для получения дубль-негатива или дубль-позитива), фонограммные для записи звука, гидротипные (для получения цветных отпечатков). Кинопленки состоят практически из тех же слоев и характеризуются теми же показателями, что и фотопленки (рис. 2, 3 и табл.).

Выпускают кинопленки на гибкой триацетатцеллюлозной (реже полиэтилентерефталатной) подложке в виде полос (лент) разл. ширины в рулонах, на бобины, сердечниках, катушках. По размерам м.б. шириной 8, 16, 35 и 70 мм с одной или двусторонней перфорацией, длиной от 10 до 300 м.

Кинопленки для пром. и науч. целей гл. обр. черно-белые инфрахроматические; предназначены для съемки в ИК области света при спектроскопич. анализе газов, жидкостей и твердых тел, регистрации лазерного излучения и тепловых полей, в атомном эмиссионном анализе, телефотографии, рентгенодиагностике. Характеризуются повышенной контрастностью, различаются по величине светочувстви-

ОСНОВНЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ФОТОМАТЕРИАЛОВ

Марка фотома-териала	Общая светочув-ствитель-ность, ед. ГОСТ	Коэф. контраст-ности (средний градиент)	Оптич. плотн. вуали	Фото-графич. широта	Разреша-ющая способ-ность, мм ⁻¹	Средне-квадрати-ческая грануляр-ность	Марка фотома-териала	Общая светочув-ствитель-ность, ед. ГОСТ	Коэф. контраст-ности (средний градиент)	Оптич. плотн. вуали	Фото-графич. широта	Разреша-ющая способ-ность, мм ⁻¹	Средне-квадрати-ческая грануляр-ность
Черно-белые негативные фотопленки							Фототехнические пленки						
ФН-32	25-50	0,65-0,8	0,02	1,8	200	20	ФТ-51М	32	5,0	0,08	—	180	—
ФН-64	50-100	0,65-0,8	0,04	1,6	150	25	ФТ-101	0,2-0,5	10,0	0,06	—	250	—
ФН-125	100-160	0,65-0,8	0,06	1,6	110	25	Радиографические пленки						
ФН-250	160-400	0,65-0,8	0,08	1,5	100	35	РМ-6	1400	3,5	0,20	—	—	—
ФН-400	320-500	0,8-1,0	0,08	1,5	100	35	РМ-В	850	3,0	0,20	—	68-75	—
Цветные негативные фотопленки							РФ-3	1100	2,3	0,10	—	82	—
ЦНЛ-64	64	0,55-0,73	0,3;0,6;1,1	1,5	63	—	РТ-5	3	4,0	0,08	—	—	—
ЦНД-64	64	0,70-0,90	0,3;0,6;0,8	1,5	72	20	Фотопленки для микрофильмирования						
ЦНД-100	100	0,55-0,73	0,3;0,6;1,1	1,8	82	12	Микрат МФН	3-5	2,7	(0,12)	—	520	—
Черно-белые позитивные фотокниопленки							Микрат МФП	0,2	3,0	(0,12)	—	350	—
МЗ-3Л, МЗ-3	4,0-6,0	2,8-3,2	0,08	0,6	135	—	Микрат ВН	4	2,8	(0,12)	—	520	—
Черно-белые обрабатываемые фотопленки							Черно-белые негативные кинопленки						
ОЧ-50	50	1,1-1,6	0,06	1,65	100-110	—	НК-1	32	(0,62)	(0,29)	1,8	120	29
ОЧ-200	200	1,2-1,6	0,08	0,9	82-95	—	НК-2	100	(0,62)	(0,33)	1,8	110	33
Цветные обрабатываемые фотопленки							НК-3	250	(0,62)	(0,35)	1,8	90	48
ЦО-50Д	50	2,0-2,5	0,25	1,05	75	—	НК-4	500	(0,62)	(0,43)	1,8	75	65
ЦО-64	64	1,9-2,4	0,25	1,05	68	—	Цветные негативные кинопленки						
ЦО-100М	100	1,8-2,2	0,15	1,05	120	15	ЦН-100	100	(0,55 ± 0,05)	(0,25;0,6;0,95)	1,8	70	8
ЦО-400	400	1,8-2,2	0,15	1,05	100	22	ЦН-320	320	(0,55 ± 0,05)	(0,3;0,6;1,1)	1,8	—	10
Фототехнические пленки							Фотопластики						
ФТ-10, ФТ-10П	11-22	1,1 ± 0,15	0,05	—	100	—	ПФН-1Т	32-200	1,7-2,1	0,12	0,9-1,2	70-100	—
ФТ-20, ФТ-20П	4-11	1,9 ± 0,2	0,05	—	100	—	ПФП-0,1Т	1-6	1,5-3,0	0,06	—	85-100	—
ФТ-30, ФТ-30П	1-2	3,4	0,06	—	116	—							
ФТ-41	0,5-1	4,5	0,06	—	195	—							

тельность в диапазоне видимого и ИК излучения от 600 до 980 нм.

При хранении Ф.м. наблюдается их старение, заключающееся в уменьшении светочувствительности с увеличением плотности вуали (т. наз. нормальное старение) или при практически неизменном уровне вуали («аномальное» старение). Каждый вид Ф.м. характеризуется гарантийным сроком хранения, в течение к-рого может наблюдаться падение чувствительности и рост вуали, что необходимо учитывать при экспонировании и хим.-фотографич. обработке. Чем выше светочувствительность Ф.м., тем меньше срок их хранения. Ф.м. необходимо хранить в оригинальной заводской упаковке при пониженной т-ре, не превышающей 18 °С, и относит. влажности 40-60%; они должны быть защищены от воздействия агрессивных газов, рентгеновского и радиоактивного излучения, мех. повреждений. Для длит. хранения черно-белых Ф.м. рекомендуется т-ра 4-5 °С, для цветных и инфра-красн. Ф.м. — от -20 до 2 °С.

Лит.: Продукция и изделия химико-фотографической промышленности. Каталог, Черкассы, 1986; Дьяконов А.Н., Химия фотографических материалов, М., 1989; Журба Ю.И., Краткий справочник по фотографическим процессам и материалам, 4 изд., М., 1991.

Ю.И. Журба.

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ЭМУЛЬСИИ, традиц. название суспензий светочувствит. микрокристаллов (зерен) галогенидов Ag в связующих — водных р-рах желатина, эфирах целлюлозы, агаре, альбумине и др. Нанесенные на подложку и высушенные Ф.э. образуют светочувствит. слой фотоматериалов.

Микрокристаллы могут состоять из индивидуальных труднорастворимых галогенидов Ag, их твердых р-ров или смесей, а также из разл. композиций AgHal с заданным распределением галогенидного состава по объему или пов-сти микрокристаллов (двойниковых, эпитаксиальных, контактных и т.п.). Концентрация желатина в Ф.э. составляет обычно 5-10% по массе, концентрация AgHal (в пересчете на металл. Ag) — 30-150 г Ag на 1 л Ф.э. Средние линейные размеры микрокристаллов 0,01-10 мкм, их кол-во в 1 см³ (т. наз. удельное число) — 10¹⁰ — 10¹⁶.

Ф.э. классифицируют, как правило, по галогенидному составу — на хлоро-, бромо- и иодосеребряные, хлоробромо-, бромоиодо-, хлороиодо- и хлоробромоиодосеребряные; по среднему линейному размеру зерен (условно) — на особо мелкозернистые (0,01-0,1 мкм), мелкозернистые (0,1-0,5 мкм), крупнозернистые (0,5-1,0 мкм), особо крупнозернистые (1-10 мкм); по светочувствительности к белому свету — на особо низкочувствительные, низкочувствительные, среднечувствительные, высокочувствительные (о светочувствительности см. в ст. *Фотографические материалы*); по разрешающей способности — на особо высокоразрешающие (разрешающая способность 1000-10000 линий/мм), высокоразрешающие (300-1000 линий/мм), среднего (100-300 линий/мм) и малого (30-100 линий/мм) разрешения; по однородности зерен микрокристаллов — на однородные (монодисперсные) с относит. распределением по размерам зерен (т. наз. коэф. вариации) от 5 до 15% и неоднородные с коэф. вариации более 15%; по способу получения — на аммиачные, безаммиачные, Ф.э. одноструйного и двухструйного методов получения и др.; по применению — на Ф.э. для фотобумаг и фотопленок, черно-белых и цветных позитивных, негативных и обрабатываемых фотоматериалов, для диффузионных процессов с переносом изображения и термопроявляемых фотоматериалов (см. *Репрография*).

В состав Ф.э. могут также входить разнообразные функциональные добавки, улучшающие их эксплуатац. характеристики: хим. и спектральные сенсibilизаторы (см. *Сенсибилизация оптическая*, *Сенсибилизация фотографических материалов*), стабилизаторы, активулирующие в-ва, пластификаторы фотографич. слоев, дубители (см. *Дубление в фотографии*), смачиватели, антистатики, фильтровые красители, антиоксиданты, в-ва, повышающие кроющую способность металлиз. Ag, и др. В Ф.э. для цветных фотоматериалов вводятся также спец. добавки: р-ры или масляные дисперсии цветообразующих компонентов, стабилизаторы цветного изображения, маскирующие добавки, ускорители и замедлители

проявления и пр. Готовые к применению Ф. э. могут содержать до 100 разл. компонентов.

Светочувствит. галогениды Ag образуются при осаждении из водно-желатиновых р-ров на стадии т. наз. эмульсификации по экзотермич. р-ции: $\text{Ag}^+ + \text{Hal}^- \rightarrow \text{AgHal}$. В качестве серебросодержащего агента используют водные р-ры AgNO_3 или аммиачный комплекс $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$, иногда – орг. соед. Ag, напр. соли жирных к-т, комплексы тетраазинидена, бензимидазола, бензотриазола или меркаптотетразола, содержащие Ag. Галогенсодержащими реагентами служат галогениды K и Na, реже аммония, а также галогенсодержащие орг. соед., напр. бромуксусная к-та.

Первоначально протекает кристаллизационный процесс возникновения и послед. формирования микрокристаллов определенного размера вследствие растворения более мелких и роста более крупных микрокристаллов, коалесценции и перекристаллизации (т. наз. физ. созревание Ф. э.). Вторая стадия – т. наз. хим. созревание, при к-ром на пов-сти кристаллов образуются неустойчивые комплексные соли Ag в результате взаимод. AgHal с соед. серы или др. в-вами, входящими в состав желатина. При распаде комплексных соед. в местах нарушения структуры кристаллич. решетки возникают центры светочувствительности, к-рые и определяют осн. фотографич. св-ва Ф. э.

Наиб. распространенные виды микрокристаллов AgHal в Ф. э.: однородные кубич. микрокристаллы AgBr , плоские микрокристаллы $\text{AgBr}_x\text{I}_{1-x}$, кристаллы типа ядро – оболочка разл. галогенидного состава (напр., кубич. кристаллы с ядром из $\text{AgBr}_x\text{I}_{1-x}$ и оболочкой из AgBr , ромбич. кристаллы многооболочечной структуры с ядром из $\text{AgBr}_x\text{I}_{1-x}$, плоские кристаллы с таким же ядром и латеральными оболочками разл. состава), а также эпитаксиальные микрокристаллы [напр., эпитаксиальные кристаллы AgBr (AgCl) на AgI , AgCl на AgBr , AgCl на плоских микрокристаллах $\text{AgBr}_x\text{I}_{1-x}$].

Для получения Ф. э. применяют разл. способы кристаллизации. Метод т. наз. одноструйной кристаллизации и заключается во введении в термостатированный реактор при перемешивании последовательно р-ров связующего, галогенида (или смеси галогенидов) и соли Ag. Существуют разл. варианты метода, при к-рых варьируются т-ра реактора, галогенидный состав, концентрация и соотношение реагентов, скорости и последовательности их введения. Реагенты могут вводиться в реактор неск. порциями поочередно или дробно.

Метод т. наз. двухструйной кристаллизации заключается в одновременном введении эквивалентных р-ров солей Ag и галогенидов в р-р связующего. В процессе осаждения кристаллов измеряют и регулируют концентрацию в р-ре ионов Hal^- , Ag^+ и H^+ , а также скорость введения реагентов и их состав. Для поддержания гранулометрич. постоянства состава микрокристаллов и объема реакц. среды применяют микро- и ультрафильтрацию. Для регулирования размеров микрокристаллов, гранулометрич. однородности и структуры их пов-сти используют модификаторы роста – пл. обр. в-ва, образующие с ионами Ag^+ или Hal^- труднорастворимые соединения.

После кристаллизации последовательно проводят вспомогат. стадии: 1) удаление водорастворимых солей и редиспергирование микрокристаллов в р-ре связующего; 2) хим. и оптич. сенсibilизация Ф. э.; 3) введение разл. добавок спец. назначения; 4) нанесение на подложку (полив).

Лит.: Бреслав Ю.А., «Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии», 1989, т. 34, № 4, с. 243–53; Photographic silver halide emulsions. Preparation, addenda, processing and systems, N.Y., 1989, p. 993–1015.

Ю.А. Бреслав.

ФОТОГРАФИЯ ЦВЕТНАЯ (от греч. $\rho\acute{\eta}\delta\acute{o}\varsigma$, род. п. $\rho\acute{\eta}\delta\acute{o}\varsigma$ – свет и $\gamma\rho\acute{\alpha}\phi\acute{o}$ – пишу), совокупность способов и процессов получения изображения объекта фото- и киносъемки в натуральных цветах.

Большинство способов Ф. ц. основано на трехкомпонентной теории цветового зрения, согласно к-рой любой цвет можно получить из комбинации излучений трех основных цветов – красного, зеленого и синего. При фотосъемке раз-

дельно регистрируют на фотопленке действие этих излучений в виде трех фотографич. изображений (стадия цветоделения). К-рые на послед. стадии используют для цветовоспроизведения (синтез цветов).

Цветоделенные изображения м. б. получены на обычных черно-белых или многослойных цветных фотографич. материалах. В первом случае с объекта съемки экспонированием через красный, зеленый и синий светофильтры получают три одноцветных негатива, с к-рых печатают три частичных позитивных изображения; совмещая последние по контуру и проецируя через светофильтры на экран, получают цветное фотографич. изображение объекта (аддитивный способ синтеза цветовоспроизведений).

В наиб. распространенном случае с использованием многослойных цветных фотоматериалов цветоделение достигается путем избират. поглощения основных цветов тремя галогеносеребряными светочувствит. слоями (рис. 1): верхний несенсибилизированный слой чувствителен только к синим лучам, средний оптически сенсibilизирован к зеленым лучам, нижний – к красным (см. *Сенсибилизация оптическая*). Скрытое фотографич. изображение образуется в каждом из трех эмульсионных слоев лишь под действием соответствующей части видимого света.

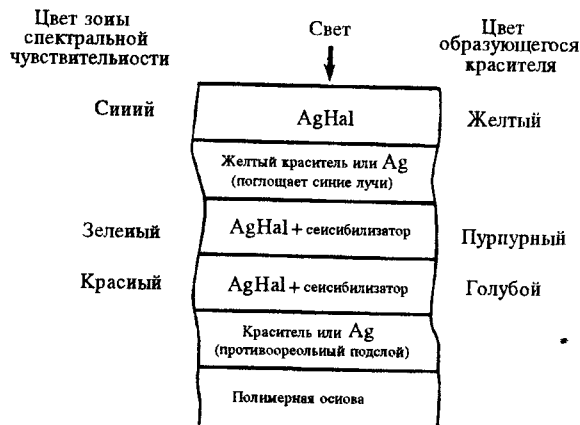


Рис.1. Принцип цветоделения на многослойных цветных фотографических материалах (пленки, бумага).

По способу воспроизведения цветного изображения различают пл. обр. негативно-позитивные и позитивные (с обращением) процессы. При негативно-позитивном процессе превращение скрытого изображения в видимое на первой стадии осуществляется под действием спец. проявителей для Ф. ц. (т. наз. цветных проявителей), к-рые не только превращают AgHal в металлич. Ag, но и вместе с цветообразующими компонентами эмульсионных слоев участвуют в образовании изображения из орг. красителей (см. *Проявление фотографического изображения*). В верх. слое получается изображение из желтого красителя, в среднем – из пурпурного, в нижнем – из голубого, т. е. цвет частичных изображений является дополнительным к цвету лучей при экспонировании (субтрактивный способ цветовоспроизведения, или гидротипия). Красители осаждаются на тех участках эмульсионного слоя, на к-рых есть металлич. серебро; поэтому полученное цветное изображение оказывается совмещенным с серебряным черно-белым. Позитивное изображение получают печатанием негатива на многослойной цветной фотобумаге; при этом все цвета на позитиве воспроизводятся такими же, как у фотографируемого объекта.

В случае позитивного (с обращением) процесса обработку экспонированного цветного фотоматериала ведут сначала в обычном черно-белом проявителе, содержащем в качестве проявляющего в-ва гидрохинон (иногда с фенидоном); при этом в эмульсионных слоях образуются три негативных цветоделенных изображения, состоящие из металлич. Ag. Затем фотографич. материал без фиксирования засвечи-

вают и под действием цветных проявителей из остаточного $AgHal$ во всех эмульсионных слоях получают частичные позитивные изображения из смеси металлич. Ag с красителем соответствующего цвета. После отбеливания Ag , фиксирования, промывки и сушки в эмульсионных слоях остаются изображения из красителей (частичные одноцветные позитивы), образующие в совокупности требуемые цвета объекта съемки (см. также *Химико-фотографическая обработка фотоматериалов*).

При нек-рых способах позитивной Ф. ц. для экспонирования используют черно-белые фотоматериалы, вводя цветообразующие компоненты в состав проявителей. Получаемые этим способом изображения отличаются высоким качеством цветовоспроизведения, однако обработка фотоматериала включает раздельное для каждого слоя засвечивание и проявление цветными проявителями, что значительно усложняет процесс.

Для получения копий с многоцветных позитивов (позитивно-позитивный процесс) используют фотоматериалы, в светочувствит. слое к-рых заранее вводят желтый, пурпурный и голубой красители. При печатании, напр. с цветных «слайдов», в каждом слое цветного фотоматериала возникают скрытые фотографич. изображения, а после черно-белого проявления — цветоделенные негативы, состоящие из металлич. Ag . При послед. отбеливании в кислой среде (Ag переходит в $AgHal$) красители разрушаются, превращаясь в бесцв. аминокислоты, а остаточные кол-ва красителей образуют в каждом слое соответствующие частичные позитивные изображения.

Широкое распространение получил цветной процесс с диффузионным переносом изображения, в результате к-рого на бумаге получают единственный цветной позитив (т. наз. моментальная съемка, или поляроид-процесс). Такой процесс является одноступенным: хим.-фотографич. обработка экспонированной пленки и получение позитива происходят одновременно непосредственно в фотоаппарате. Фотокомплект для съемки содержит катушки с намотанными на них цветной негативной пленкой и слабощувствит. фотобумагой и ампулы с пастообразным проявляюще-фиксирующим составом. После экспонирования пленка вместе с бумагой протягивается в обрабатывающую камеру фотоаппарата; при этом ампулы раздавливаются и паста равномерно распределяется между фотослоем негативного материала и приемным позитивным слоем (см. *Репрография*).

В используемой в этом процессе цветной фотопленке (рис. 2) каждый из трех желатиновых слоев с определенной спектральной чувствительностью разделен на два подслоя — верхний, светочувствит. (содержащий $AgHal$), и нижний, окрашенный в дополнительной к цвету зональной чувствительности верх. подслоя (соотв. в желтый, пурпурный и

голубой). Молекула каждого красителя содержит т. наз. проявляющую группировку (напр., гидрохиноновую), к-рая придает ему способность диффундировать (в щелочной среде) в соответствующий верх. подслой и проявлять в нем скрытое цветоделенное изображение. Молекулы красителя, участвующие в проявлении, окисляются и теряют способность диффундировать, оставаясь в «своих» подслоях; неизмененные молекулы красителя, продолжая диффундировать, достигают желатинового слоя бумаги, находящегося в контакте с многослойной цветной пленкой, и участвуют в образовании цветного позитивного изображения в соответствии с субтрактивным принципом цветовоспроизведения.

Кроме обычной Ф. ц., воспроизводящей действительные цвета объектов съемки, в научной фотографии (напр., при аэрофото съемке прир. объектов, съемок в космосе) используют двух- или трехслойные спектрально-зональные пленки, чувствительные к отдельным зонам спектра, включая ИК излучение. Цвета на получаемых позитивах передаются с заводским искажением, что позволяет наиб. четко выделить малоразличимые в естественных условиях детали местности. Фотографирование на черно-белые или цветные спектрально-зональные пленки проводят спец. фотоаппаратом с желтым или красным светофильтрами; при печати применяют обычные цветные (многослойные) или спец. спектрально-зональные (двух-слойные) фотобумаги и позитивные пленки. В черно-белом варианте сначала получают цветоделенные изображения в неск. зонах спектра, к-рые при цветовоспроизведении совмещают и рассматривают непосредственно или через соответствующие светофильтры; в цветном варианте цветоделенные изображения обычно совмещены. Спектрально-зональную фотографию в рентгеновских лучах используют для микрофото съемки биол. объектов и шлифов минералов, содержащих разл. включения. Осуществляют такую съемку на обычных трехслойных цветных фотоматериалах; при этом различие цвета изображения соответствует разл. глубине проникновения излучения (через один, два или три эмульсионных слоя).

Впервые на возможность фотографич. цветовоспроизведения указал Дж. Максвелл (1861), к-рый и осуществил аддитивный способ синтеза цветов. Субтрактивный способ цветовоспроизведения, наиб. употребляемый в настоящее время, был предложен Л. Дюко дю Ороном (1868). Основы цветоделения и цветовоспроизведения на цветных фотоматериалах были заложены нем. химиками Б. Гомолькой (1907) и Р. Фишером (1912); сами материалы впервые были выпущены в 1935 амер. фирмой «Истмен Кодак», а затем германской — «Агфа». Негативно-позитивный процесс на цветных фотоматериалах впервые осуществлен в 1939 на фирме «Агфа»; материалы для позитивно-позитивного процесса печатания копий появились в 60-е гг. в Швейцарии (фирма «Сиб-Гейти»); в США на фирме «Поляроид» в те же годы был осуществлен цветной процесс с диффузионным переносом изображения, изобретенный Э. Лэндом в 1948.

Лит.: Артюшин Л.Ф., Основы воспроизведения цвета в фотографии, кино и полиграфии, М., 1970; Зернов В.А., Цветоведение, М., 1972; Джеймс Т., Теория фотографического процесса, пер. с англ., Л., 1980; Артюшин Л.Ф., Цветная фотография, М., 1986; Киселев А.Я., Виленский Ю.Б., Физические и химические основы цветной фотографии, 2 изд., Л., 1990; Редко А.В., Основы черно-белых и цветных фото процессов, М., 1990; Фотография. Энциклопедический справочник, Минск, 1992.

ФОТОГРАФИЯ ЧЕРНО-БЕЛАЯ (серебряная фотография, галогеносеребряная фотография), совокупность способов и процессов получения изображения объектов на галогеносеребряных регистрирующих материалах. Используется для получения отдельного кадра неподвижного объекта на фотопленке (фотосъемка) или ряда последоват. кадров с изображением объекта в разл. фазах движения на кинопленке (киносъемка).

Осуществляется воздействием на регистрирующий слой фотографических материалов пучка видимого света, УФ, ИК, рентгеновского или электронного излучения (экспонирование) с получением негативного или позитивного изображения объектов съемки в разл. масштабах.

Различают т. наз. классические и нетрадиционные процессы Ф. ч.-б. (далее Ф.). К первым относят процессы с прояв-

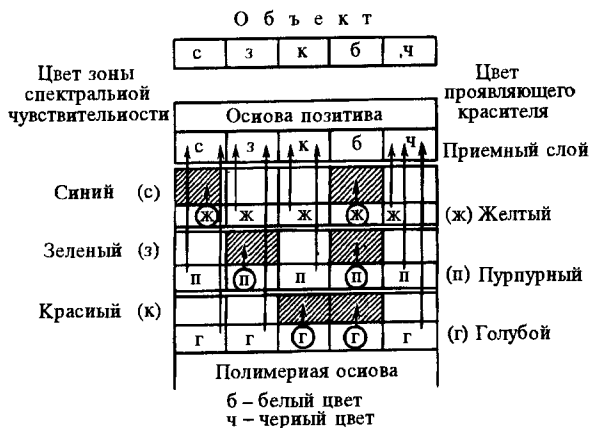


Рис.2. Схема диффузионного цветного фотографического процесса (с обращением). Штриховкой обозначены черно-белые цветоделенные негативные изображения, состоящие из металлического серебра.

лением и закреплением изображения мокрой обработкой фотоматериалов (см. *Химико-фотографическая обработка фотоматериалов*), ко вторым – процессы с термич. проявлением изображения (напр., т. наз. процесс dry silver) или диффузионной обработкой фотоматериалов, напр. процесс типа «поляроид» (см. *Репрография*). В обоих случаях изображение объектов съемки м. б. негативным или позитивным.

Фотографич. процесс на галогеносеребряных материалах состоит из двух стадий: 1) экспонирование галогеносеребряного слоя для получения скрытого изображения из фотолитически восстановленных атомов Ag; 2) хим.-фотографич. обработка фотоматериала для визуализации скрытого изображения, включающая проявление изображения и закрепление проявленного изображения; полученное фотографич. изображение обычно считают невооруженным глазом или с помощью оптич. приборов и электронно-оптич. преобразователей.

По назначению различают любительскую, профессиональную, техн., для научных и спец. целей и объемную Ф.

Любительская и профессиональная Ф. используется для воспроизведения изображения людей, отображения движущихся и неподвижных предметов (в т. ч. натуральных объектов), техническая – для воспроизведения (копирования и размножения) штриховых оригиналов в натуральную и заданную величину или со значит. уменьшением, а также для получения фотоформ в полиграфии. Ф. для научных целей применяют в астрономии (астрофотография, спектрофотография, фотографич. фотометрия), при исследовании строения в-ва (ядерная Ф., электронография, нейтронография, протонография, рентгенография, электронная микроскопия) и астрофиз. исследованиях (космич. Ф.); Ф. для спец. целей – для диагностики (медицинская, судебная), при регистрации быстро и медленно протекающих процессов (замедленная и ускоренная съемка), аэрофотосъем-

ки (аэрофотография). С помощью объемной Ф. воспроизводят трехмерное изображение с использованием обычных фотоматериалов и фотокамер с двумя объективами (стереоскопич. Ф.), растрированных галогеносеребряных материалов (растровая стереоскопич. Ф.) или голографич. светочувствит. материалов при двухлучевом экспонировании (голография). Вид Ф. характеризуется определенным типом применяемого фотографич. материала, аппаратурой и способом съемки, дополнит. обработкой и методом считывания изображения (табл. 1).

В Ф. при экспонировании на светочувствит. слой материала проецируют электромагн. (напр., световое) излучение, отраженное от непрозрачного объекта съемки (собственно Ф.) или прошедшее сквозь прозрачный объект (фотопечатать). Свет, попадая на микрокристаллы AgHal, взаимодей. с ионами Hal⁻, в результате чего образуются своб. электрон и нейтральный атом галогена. Своб. электроны перемещаются в пределах микрокристалла до тех пор, пока не захватываются «ловушками» – дефектами кристаллич. решетки или посторонними включениями (ионами, атомами, молекулами), находящимися внутри или на пов-сти микрокристалла и наз. центрами светочувствительности. Обычный (нормальный) центр способен захватывать электроны только из микрокристаллов AgHal, крупный, кроме того, – из проявителя или др. обрабатывающих р-ров без предварит. экспонирования, т. е. он является потенциальным центром образования вуали.

Ионы Ag⁺, расположенные вблизи центров светочувствительности, притягиваются к ним и восстанавливаются до нейтральных атомов. В результате вокруг ловушки образуется группа атомов Ag, формирующая элемент скрытого изображения. Процесс формирования центров скрытого изображения представляет собой многократное повторение описанных выше элементарных актов образования элект-

Табл. 1. – ВИДЫ ФОТОГРАФИИ И УСЛОВИЯ ИХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Вид фотографии	Тип фотоматериала	Химико-фотографич. обработка	Аппаратура	Условия съемки
Любительская и профессиональная	Негативные и позитивные пленки и фотобумаги	Многорастворная ускоренная, термич., диффузионная	Фото- и кинокамеры общего назначения	При естеств. и искусств. освещении
Техническая	То же	Многорастворная ускоренная	Фото- и репродукционные аппараты	При искусств. освещении
Медицинская	Негативные пленки и пластинки	То же	С применением спец. съемочных устройств и светофильтров	При искусств. освещении, в ИК и УФ лучах
Рентгеновская	Негативные высокочувствит., высокоразрешающие пленки и пластинки	Многорастворная ускоренная	Камера с люминесцентным усиливющим экраном	В рентгеновских лучах со считыванием электронно-оптич. преобразователями
Судебная	То же	То же	Камеры со спец. объективами и светофильтрами	В видимой, ИК и УФ областях спектра, с изменением угла фотографирования
Астрофотография	Негативные высокочувствит., сенсibilизир. к УФ и ИК зонам спектра пленки и пластинки	Многорастворная	С применением электронной оптики	С использованием комбинированных светофильтров
Космическая	Негативные высокочувствит., высокоразрешающие пленки и пластинки	Многорастворная с замкнутым циклом	Камера для синхронного многоканального фотографирования. Для считывания – интеграторы	Спектрозональная съемка
Микрофотография	Негативные пленки и пластинки с высоким разрешением	Многорастворная или ускоренная	Камеры, агрегатированные с микроскопом	В проходящем и отраженном свете; спектрозональная
Электронная микрофотография	То же	То же	С применением электронной оптики	С применением респик
Фотографирование быстро и медленно протекающих процессов	Негативные фото- и кинопленки	То же	С использованием электронно-оптич. преобразователей	При естеств. и искусств. освещении
Стереоскопическая	Негативные пленки	То же	Двухобъективные фотокамеры. Для считывания – стереоскопы	То же
Растровая	Негативные (в т. ч. растрированные) пленки и пластинки	Многорастворная	Фотокамеры общего назначения	Через растр или слой микролинз
Голографическая	Толстослойные пластинки с мелкозернистой эмульсией	Многорастворная голографическая	С применением лазеров	Двухлучевая при съемке и считывании изображения
Ядерная	Пластинки с ядерной эмульсией	Многорастворная	Камеры, агрегатированные с приборами для физ. исследований	Облучение быстрыми частицами

трона из иона NaI^- и захвата его Ag^+ . Для образования центра скрытого изображения микрокристалл AgNaI должен поглотить минимум 4 кванта света, в среднем — 10–20 и более квантов.

В зависимости от числа атомов Ag , находящихся в центрах скрытого изображения, последние подразделяются на неустойчивые (самораспадающиеся), устойчивые (субцентры) и центры, способные в дальнейшем проявляться (центры проявления).

При фотографич. проявлении происходит перенос электронов от восстановителя, входящего в состав проявляющего р-ра, к центрам проявления. Последние обычно содержат такое кол-во атомов Ag , к-рое достаточно для каталитич. ускорения р-ции восстановления AgNaI до Ag^0 (см. *Проявление фотографического изображения*). Из-за каталитич. действия Ag^0 участки фотографич. слоя, получившие большую экспозицию, проявляются быстрее, чем менее экспонированные участки.

О закреплении визуализированного проявлением скрытого изображения см. *Фиксирование фотографического изображения*.

Фотографич. процессы оценивают, используя сенситометрич. (светочувствительность, спектральная чувствительность, оптич. плотность, контрастность, фотографич. широта) и структурнорезкостным (разрешающая способность, резкость, гранулярность, частотно-контрастная характеристика) параметры фотоматериалов (см. *Фотографические материалы* и табл. 2). Кроме св-в фотоматериала и условий их обработки необходимо учитывать также и нек-рые т. наз. фотографич. и температурные эффекты. К первым относят соларизацию, явление невязомоимости экспозиции и выдержки и влияние выдержки на скорость проявления, ко вторым — разрушение скрытого изображения при воздействии теплового излучения или длит. хранении экспонир. материала.

Табл. 2. — ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ФОТОГРАФИИ

Вид фотографии	Светочувствительность, $\text{см}^2/\text{Дж}$	Разрешающая способность, мм^{-1}	Зона спектральной чувствительности, нм
Любительская и профессиональная	10^7 – 10^8	80–250	300–700
Астрофотография, спектрофотография	10^7 – 10^8	100–200	200–1100
Аэрофотография, космич. фотография	10^8 – 10^9	80–600	400–900
Техн. фотография	10^4 – 10^6	50–200	300–700
Голография	10^3 – 10^6	до 5000	300–1100

Соларизация — снижение оптич. плотности изображения при экспозиции (плотности энергии оптич. излучения), превышающей нек-рое критич. значение. При чрезмерно больших экспозициях фотолиз AgNaI продолжается и после образования центров скрытого изображения с выделением избыточного кол-ва Ag и газообразного галогена. Желатин, примыкающий в слое фотографич. эмульсии к пов-сти микрокристалла, не поглощает всего кол-ва галогена; его избыток взаимодействует с Ag , вновь образуя галогенид, к-рый препятствует контакту проявителя с центрами скрытого изображения. В результате этого плотность оптич. изображения и, следовательно, светочувствительность снижаются.

Явление невязомоимости — отклонение от закона взаимомоимости Бунзена — Роско, согласно к-рому общая экспозиция $H = Et = \text{const}$, где E — освещенность, t — выдержка. В Ф. этот закон соблюдается только при малых выдержках (до 50–100 мкс) и комнатной т-ре. При увеличении выдержки до неск. секунд светочувствительность растет, при дальнейшем увеличении — убывает. Причины отклонения от закона связаны с особенностями механизма образования скрытого изображения: время рекомбинации электрона с подвижными ионами Ag^+ составляет при комнат-

ной т-ре ок. 10^{-5} с, и образование атомов или групп атомов Ag происходит уже после прекращения экспонирования; поэтому при более коротких выдержках рекомбинации не происходит и, следовательно, чувствительность не зависит от выдержки, меньшей 10^{-5} с.

При увеличении выдержки рекомбинация частично происходит до окончания экспонирования, в результате чего рост центров скрытого изображения происходит преим. на пов-сти микрокристаллов и в относительно небольшом числе мест, т. е. образуются крупные центры, обладающие значит. каталитич. действием по отношению к восстановлению серебра проявителем, что приводит к увеличению светочувствительности.

При дальнейшем увеличении выдержки скорость образования своб. электронов за счет фотоэффекта уменьшается, отдельные акты поглощения квантов (при той же экспозиции) становятся более редкими, хотя общее число квантов не изменяется. При этом одиночные атомы Ag превращаются в ион Ag^+ и своб. электрон еще до того, как образуется след. электрон и возникнет возможность роста центра светочувствительности. В результате образование крупных центров замедляется и светочувствительность уменьшается.

Влияние выдержки при равных экспозициях на скорость проявления определяется т. наз. эффектом Кабана — Гофмана: чем больше выдержка t (т. е. чем ниже освещенность E), тем выше скорость проявления скрытого изображения. Если при слабой освещенности атомы фотоли- тич. серебра сосредоточены гл. обр. на крупных центрах скрытого изображения, то при сильной образуются преим. малые центры, возникающие как на пов-сти, так и внутри микрокристалла, т. е. при проявлении работает только часть каждого центра и скорость проявления замедляется.

Под действием длинноволнового (в т. ч. теплового) излучения очень часто происходит фотоэлектрич. разрушение центров скрытого изображения (эффект Гершеля) с уменьшением оптич. плотности проэкспонированного этим излучением участка. Эффект объясняется разрушением поверхностных центров в результате вырывания из них электронов при поглощении квантов ИК излучения и, как следствие, отделения от этих центров ионов серебра (т. е. уменьшение размеров центров скрытого изображения). Фотоэлектрич. разрушение скрытого изображения происходит по р-ции, обратной его образованию.

Регрессия скрытого изображения — частичное или полное разрушение изображения, происходящее при длит. хранении экспонированного непрозрачного фотоматериала под действием влаги, т-ры, химически агрессивных примесей воздуха (следы H_2S , NH_3 , SO_2 , щелочей). Механизм регрессии аналогичен механизму эффекта Гершеля, но более интенсивен вследствие хим. взаимодействия; результат — существенное снижение оптич. плотности.

Развитие Ф. на галогеносеребряных материалах определяется гл. обр. переходом к контролируемым способам получения эмульсий и фотоматериалов. К наиб. перспективным разработкам относятся способы контролируемой эмульсификации (см. *Фотографические эмульсии*). Эти способы позволяют получать, напр., плоские микрокристаллы галогенида Ag , микрокристаллы сложного строения заданной формы, гранки, галогенного состава и размера, а также микрокристаллы типа ядро — оболочка с регулируемым составом по толщине оболочки или от оболочки к оболочке. Св-ва таких микрокристаллов обычно эффективно задают и регулируют в зависимости от области применения фотографии. эмульсии.

Другое важное направление развития Ф. — разработка эффективных способов хим. и спектральной сенсibilизации фотоматериалов (см. *Сенсибилизация оптическая, Сенсибилизация фотографических материалов*).

Первый фотографич. процесс на галогеносеребряных слоях (дагерротипия) был изобретен Л. Дагерром в 1835. Разработке Ф. в ее совр. виде в значит. степени способствовали В. Фокс-Талбот, изобретатель негативно-позитивного процесса (1834), Ф. Скот-Арчер, создатель мокрого фотографич. процесса на светочувствит. слоях из коллодия (1851), и

А. Рассел, разработавший процесс на сухих желатиновых слоях (1864). Важный вклад в развитие классич. фотографии внесло открытие Г. Фогелем в 1837 спектральной сенсibiliзации.

Лит.: Чибисов К.В., Общая фотография, М., 1984; Чибисов К.В., Шеберстов В.И., Слуцкий А.А., Фотография в прошлом, настоящем и будущем, М., 1988.

А.А. Слуцкий.

ФОТОИОНИЗАЦИЯ, ионизация молекул и атомов под действием света. Однократная Ф. невозбужденной нейтральной молекулы M фотонами с энергией $E = h\nu$ (h – постоянная Планка, ν – частота излучения) приводит к образованию катион-радикала $M^{+\bullet}$ с энергией возбуждения $E(M^{+\bullet})$ и своб. электрона (фотоэлектрона) с кинетич. энергией $\epsilon = E - E(M^{+\bullet}) - I_1(M)$, где $I_1(M)$ – энергия ионизации, соответствующая первому адиабатич. потенциалу ионизации. Если энергия возбуждения $E(M^{+\bullet})$ превышает энергию активации мономол. распада, ион $M^{+\bullet}$ диссоциирует на заряженный A^+ и нейтральный B фрагменты (диссоциативная Ф.). Ф. относится к первичным фотопроцессам; образующиеся под действием света катион-радикалы и электроны вступают во вторичные р-ции, к-рые приводят уже к конечным в-вам (см. *Фотохимические реакции*).

Скорость Ф. $\nu = \sigma n \Phi_p$, где n – число молекул в объеме ионизации; Φ_p – фотонный поток через этот объем (число фотонов в с); σ – коэф., называемый полным сечением Ф. (величина порядка 10^{-17} – 10^{-19} см²). Т. наз. парциальное сечение Ф. определяет вероятность образования $M^{+\bullet}$ с определенной энергией возбуждения. Аналогично определяют сечение Ф. с образованием ионов определенного типа – $\sigma(R^+)$, электронов с заданной кинетич. энергией $\epsilon - \sigma(\epsilon)$ и т. п. Зависимость σ от E имеет пороговый характер, т.е. $\sigma = 0$ при $E \leq E_0$. Пороговая энергия E_0 диссоциативной Ф. выражается через энергии диссоциации D или энтальпии образования $\Delta H_{\text{обр.}}^0$: $E_0 = I_1(M) + D(A^+ - B) = D(A - B) + I_1(A) = \Delta H_{\text{обр.}}^0(A^+) + \Delta H_{\text{обр.}}^0(B) - \Delta H_{\text{обр.}}^0(M)$.

Эксперим. методы исследования Ф. включают изучение спектральных зависимостей $\sigma(E)$ в пороговой области, масс-спектральный анализ образующихся ионов и получение зависимостей типа $\sigma(R^+) - E$, определение энергии фотоэлектронов и регистрации совпадений – одновременно образующихся электронов с данной кинетич. энергией и ионов определенной массы. Эти методы используются в фотоионизационной спектроскопии молекул, они сочетают высокое разрешение спектральных методов с высокой чувствительностью регистрации электрически заряженных частиц. Спектроскопия полного тока Ф. позволяет определять $I_1(M)$ для орг. соед. с точностью до 0,01 эВ и сопоставлять эти значения с особенностями электронного строения молекул. Фотоионизационная масс-спектрометрия – один из наиб. точных и универсальных методов определения мол. и термохим. констант, входящих в выражение для E_0 . *Фотоэлектронная спектроскопия* – единственный метод прямого измерения энергий ионизации, связанных с удалением всех валентных электронов. В рамках квантовохим. концепции молекулярных орбиталей метода значения этих энергий равны (с обратным знаком) энергиям занятых орбиталей основного состояния молекулы. Регистрация совпадений используется для изучения моно- и бимол. хим. р-ций ионов с определенной энергией возбуждения (см. *Ионно-молекулярные реакции*).

Ионизация большинства молекул при однократном поглощении возможна лишь под действием излучения в области вакуумного УФ. В ближней УФ и видимой областях спектра Ф. может происходить при воздействии сфокусированного лазерного излучения в результате поглощения неск. (до 10) фотонов в одном элементарном акте. Скорость Ф. возрастает на 3–4 порядка, если энергия фотона находится в резонансе со стационарными энергетич. термами молекулы (многоступенчатая Ф.; см. *Многофотонные процессы*). В таких случаях удается осуществить ионизацию практически всех молекул в объеме 10^{-2} – 10^{-3} см³, что используется для селективного детектирования молекул при рекордно низких их концентрациях (до 10^{-10} частиц в об-е с ионизации).

Лит.: Вилесов Ф.И., «Успехи физ. наук», 1963, т. 81, в. 4, с. 669–738; Нефедов В.И., Вовна В.И., Электронная структура химических соединений, М., 1987; Berkowitz J., Photoabsorption, photoionization, and photoelectron spectroscopy, N.Y., 1979.

М.Е. Аютян.

ФОТОКАТАЛИЗ, ускорение хим. р-ции, обусловленное совместным действием катализатора и облучения светом. Для кинетики фотокаталитич. р-ций характерны те же закономерности, что и для каталитич. и фотохим. р-ций (см. *Каталитические реакции кинетика*, *Фотохимические реакции*). Особенность фотокаталитич. р-ций состоит в том, что раздельное действие света или катализатора не оказывает значит. влияния на скорость р-ции. Ф. к. широко распространен в природе (см., напр., *Фотосинтез*).

Типы фотокаталитич. р-ций: 1) **Фотоиндуцированный катализ:** $A \xrightarrow{h\nu} C$; $S \xrightarrow{C} P$. При поглощении фотона с энергией $h\nu$ (h – постоянная Планка, ν – частота излучения) неактивное в-во А (прекьюсор) превращается в катализатор С; превращение субстрата S в продукт Р, катализируемое С, является термич. (темновым) процессом. Квантовый выход ф. м. б. > 1, т. к. р-ция может идти и после прекращения облучения.

2) **Фотоактивированный катализ:** $A \xrightarrow{h\nu} C$; $C + S \xrightarrow{h\nu \text{ или } kT} P + A$ (kT – энергия теплового движения частиц, T – абс. т-ра, k – постоянная Больцмана). Это наиб. распространенный процесс. В отличие от предыдущего случая, катализатор С вызывает превращение субстрата S в продукт Р фотохим. или термич. путем, превращаясь при этом в прекьюсор А. Таким образом, А регенерируется в этом процессе, однако для осуществления след. цикла необходимо поглощение дополнит. фотона. Для фотоактивированных р-ций $\phi \leq 1$, эти р-ции не идут в отсутствие облучения.

3) **Каталитич. фотореакции:** $S \xrightarrow{h\nu} S^*$; $S^* \xrightarrow{C} P$. Катализатор реагирует с возбужденным состоянием субстрата S^* , к-рое затем превращается в продукт Р. В отличие от процессов 1 и 2 фотон $h\nu$ поглощается непосредственно субстратом, фотоактивации катализатора не требуется.

Фотокаталитич. системы. В гомогенных системах в качестве катализаторов чаще всего используют комплексы переходных металлов с неорг. и орг. лигандами. В металлокомплексном Ф. образующийся в результате поглощения фотона катализатор может представлять собой координационно ненасыщенный комплекс металла, ион металла или комплекс в промежут. окислит.-восстановит. состоянии либо реакционноспособные частицы (напр., своб. радикалы), возникающие из лигандов при фотохим. р-ции. В гетерогенных системах (твердое тело – газ или твердое тело – жидкость) в качестве фотокатализаторов используют полупроводниковые оксиды или сульфиды (TiO_2 , ZnO , CdS и др.), полупроводниковые оксиды с нанесенными металлами (напр., $PuTiO_2$, $Rh/SrTiO_3$) и полупроводниковые дисперсии с нанесенными оксидами (напр., RuO_2/TiO_2). Активными центрами р-ции являются дырки и электроны, образующиеся в полупроводнике при облучении светом.

Наиб. распространены след. процессы Ф.

1) **Фотоокисление и фотовосстановление** неорг. и орг. субстратов; фотокатализаторы – р-ры солей и комплексов переходных металлов, ZnO , TiO_2 , WO_3 , SnO_2 и др.; субстраты – CO , H_2 , NH_3 , H_2O , CN^- , спирты, алканы, алкены и др.

2) **Фотогидрирование и фотодегидрирование** (напр., фотоприсоединение H_2 к диенам на карбонильных комплексах Cr, фотодегидрирование ацетона и спиртов на порошках TiO_2 и ZnO).

3) **Фотодимеризация и фотополимеризация** (напр., фотодимеризация олефинов в присут. комплексов Cu, Co, Cr, Ni, Rh).

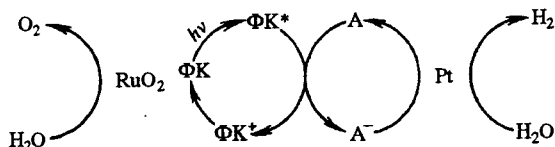
4) **Фотоизомеризация и диспропорционирование** (напр., *цис-транс*-фотоизомеризация олефинов и перемещение двойной связи в олефинах в присут. карбониллов W, Mo, Cr, Fe, Ni).

5) **Фотоадсорбция кислорода на полупроводниковых оксидах** (ZnO , TiO_2 и др.), фотодесорбция CO_2 с пов-сти ZnO .

6) Фотообмен кислорода и водорода (TiO_2 , ZnO , ZrO_2 , SnO_2 , V_2O_5 и др.).

7) Фотоосаждение металлов (Pt , Cu , Pd , Ag и др.) из их солей на пов-сть полупроводниковых дисперсий. Процессы (5) – (7) известны только для гетерогенных систем.

Применение. Использование Ф. представляет большой интерес в связи с проблемой утилизации солнечной энергии. С помощью таких р-ций, происходящих с запасанием своб. энергии ΔG системы, в принципе можно получить высокоэнергетич. и экологически чистое топливо из воды и газов атмосферы, являющихся доступным и практически неисчерпаемым сырьем. Одна из самых перспективных р-ций – фотокаталитич. разложение воды на H_2 и O_2 при облучении видимым или УФ светом. Этот процесс м.б. осуществлен в микрогетерогенных системах; обычно его изображают след. схемой (ФК – фотокатализатор):



В фотохим. стадии из фотокатализатора при участии возбужденного состояния ФК^* по сопряженной р-ции с акцептором А образуются достаточно сильный окислитель ФК^+ и восстановитель А^- , т.е. происходит разделение зарядов. В качестве ФК часто используют комплекс $\text{Ru}(\text{bipy})_3^{2+}$, где bipy – 2,2'-бипиридин, а в качестве А – орг. биокатион $\text{N,N'$ -диметил-4,4'-бипиридина (метилвиологен, MB^{2+}). При применении в качестве ФК полупроводниковых систем роль ФК^+ и А^- играют соотв. дырки в валентной зоне и электроны в зоне проводимости. Выделение H_2 и O_2 осуществляется в темновых каталитич. р-циях при взаимод. соотв. А^- и ФК^+ с H_2O . В качестве катализаторов этих процессов обычно используют коллоидные Pt и RuO_2 .

Запасание хим. энергии м.б. осуществлено и в результате проведения такой фотокаталитич. р-ции, к-рая позволяет получить более энергоемкое в-во (напр., в результате фотоизомеризации норборнадиена в квадрициклен в присут. Cu(I) , $\Delta G = 1$ кДж/г). В полиграфии (рельефная печать, гравюра, литография и др.) используют фотоиндуцированную полимеризацию дихроматных зелей желатина или альбумина (или поливинилового спирта).

Лит.: Энергетические ресурсы сквозь призму фотохимии и катализа, пер. с англ., М., 1986; Ляшенко Л.В., в сб.: Катализ и катализаторы, т. 23, К., 1985, с. 3–17; Hennig H. [a.o.], «Coord. Chem. Rev.», 1985, v. 61, p. 1–53.

Б.Н. Шелимов.

ФОТОЛИЗ, разрыв связи в молекуле в результате поглощения фотона. Часто этот термин неточно используют в более широком смысле как любое хим. превращение при действии света на в-во. В термине «импульсный фотолитиз» такое употребление считается приемлемым. Подробнее см. *Фотохимические реакции*.

М.Г. Кузьмин.

ФОТОЛИТОГРАФИЯ, способ формирования рельефного покрытия заданной конфигурации с помощью *фоторезистов*.

Ф. обычно включает: 1) нанесение фоторезиста на металл, диэлектрик или полупроводник методами центрифугирования, напыления или возгонки; 2) сушку фоторезиста при 90–110 °С для улучшения его адгезии к подложке; 3) экспонирование фоторезиста видимым или УФ излучением через фотосаблон (стекло, кварц и др.) с заданным рисунком для формирования скрытого изображения; осуществляется с помощью ртутных ламп (при контактном способе экспонирования) или лазеров (пл. обр. при проекц. способе); 4) проявление (визуализацию) скрытого изображения путем удаления фоторезиста с облученного (позитивное изображение) или необлученного (негативное) участка слоя вымыванием водно-щелочными и орг. р-рителями либо возгонкой в плазме высокочастотного разряда; 5) термич. обработку (дубление) полученного рельефного покрытия (маски) при 100–200 °С для увеличения его стойкости при травлении; 6) *травление*

участков своб. пов-сти травителями кислотного типа (напр., на основе HF , NH_4F или CH_3COOH) или сухими методами (напр., галогенсодержащей плазмой); 7) удаление маски р-рителями или выжиганием кислородной плазмой. Масштаб передачи рисунка фотосаблона обычно 1:1 или 5:1 и 10:1 (при проекц. способе экспонирования).

При изготовлении интегральных схем процесс повторяют многократно на разл. технол. слоях материала и при этом каждый послед. рисунок должен быть совмещен с предыдущим.

Часто для придания фоторезистному покрытию специфич. св-в (повышение стойкости к травителям, уменьшение отражения излучения от подложки, планаризация рельефа и др.) формируют многослойные покрытия, в к-рых один из слоев, обычно верхний, является собственно фоторезистом, а остальные имеют вспомогат. ф-ции. Двухслойное покрытие м.б. сформировано и в однослойном фоторезисте путем локальной хим. модификации пов-сти.

Разновидности Ф.: т. наз. взрывная (для получения рисунка на пленках металла) и инверсионная (для получения профиля изображения с отрицат. наклоном стенок). В первом случае рисунок получается путем напыления слоя металла на пластину с проявленным фоторезистом, а при снятии фоторезиста удаляют часть металлич. слоя, осевшего на маску; во втором – на позитивном фоторезисте получают негативный рисунок.

Осн. требования к Ф.: высокая разрешающая способность, минимально привносимая дефектность и большая производительность, к-рые определяются обычно св-вами фоторезистов, параметрами фотолитографич. оборудования и чистотой технол. помещений.

Вместе с др. видами микролитографии – электроно-, рентгено- и ионолитографией (соотв. экспонирование потоком электронов, рентгеновскими лучами и ионами легких элементов) – Ф. является одним из методов *планарной технологии* и применяется для изготовления интегральных микросхем, печатных плат, запоминающих устройств, высокочастотных приборов и др.

Лит.: Мороз У., Микролитография, пер. с англ., М., 1990. См. также лит. при ст. *Планарная технология*.

Г.К. Селиванов.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ (ФА), совокупность методов мол.-абсорбционного спектрального анализа, основанных на избират. поглощении электромагн. излучения в видимой, ИК и УФ областях молекулами определяемого компонента или его соед. с подходящим реагентом. Концентрацию определяемого компонента устанавливают по закону Бугера – Ламберта – Бера (см. *Абсорбционная спектроскопия*). ФА включает визуальную фотометрию (см. *Колориметрический анализ*), *спектрофотометрию* и *фотоколориметрию*. Последняя отличается от спектрофотометрии тем, что поглощение света измеряют пл. обр. в видимой области спектра, реже – в ближних УФ и ИК областях (т.е. в интервале длин волн от ~315 до ~980 нм), а также тем, что для выделения нужного участка спектра (шириной 10–100 нм) используют не монохроматоры, а узкополосные светофильтры.

Приборами для фотоколориметрии служат фотоэлектродориметры (ФЭК), характеризующиеся простотой оптич. и электр. схем. Большинство ФЭК имеет набор из 10–15 светофильтров и представляет собой двухлучевые приборы, в к-рых пучок света от источника излучения (лампа накаливания, редко ртутная лампа) проходит через светофильтр и делитель светового потока (обычно призму), к-рый делит пучок на два, направляемые через кюветы с исследуемым р-ром и с р-ром сравнения. После кювет параллельные световые пучки проходят через калиброванные ослабители (диафрагмы), предназначенные для уравнивания интенсивностей световых потоков, и попадают на два приемника излучения (фотоэлементы), подключенные по дифференциальной схеме к нуль-индикатору (гальванометр, индикаторная лампа). Недостаток приборов – отсутствие монохроматора, что приводит к потере селективности измерений; достоинства – простота конструкции и высокая чувствительность благодаря большой светосиле. Измеряемый диапазон оптич. плотности

составляет приблизительно 0,05–3,0, что позволяет определять мн. элементы и их соед. в широком интервале содержания — от $\sim 10^{-6}$ до 50% по массе. Для дополнит. повышения чувствительности и селективности определений существенное значение имеют подбор реагентов, образующих интенсивно окрашенные комплексные соед. с определяемыми в-вами, выбор состава р-ров и условий измерений. Погрешности определения составляют ок. 5%.

При т. наз. дифференциальном ФА оптич. плотность анализируемого р-ра измеряют относительно оптич. плотности (х-рая не должна быть меньше 0,43) р-ра сравнения. Последний содержит определяемый компонент в концентрации, близкой к концентрации этого компонента в анализируемом р-ре. Это позволяет определять сравнительно большие концентрации в-в с погрешностью 0,2–1% (в случае спектрофотометрии). При фотометрич. титровании получают зависимость оптич. плотности титруемого р-ра от объема прибавляемого титранта (кривую титрования). По излому на этой кривой определяют конечную точку титрования и, следовательно, концентрацию исследуемого компонента в р-ре (см. *Титриметрия*).

Иногда ФА понимают более широко, как совокупность методов качеств. и количеств. анализа по интенсивности ИК, видимого и УФ излучения, включающую атомно-абсорбционный анализ, фотометрию пламени, турбидиметрию, нефелометрию, люминесцентный анализ, спектроскопию отражения и мол.-абсорбционный спектральный анализ.

Лит.: Марченко З., Фотометрическое определение элементов, пер. с польск., М., 1971; Булатов М.И., Кадякин И.П., Практическое руководство по фотокolorиметрическим и спектрофотометрическим методам анализа, 4 изд., Л., 1976; Пешкова В.М., Громова М.И., Методы абсорбционной спектроскопии в аналитической химии, М., 1976. Э.Г. Тетерин.

ФОТОМЕТРИЯ ПЛАМЕНИ ЭМИССИОННАЯ (пламенная фотометрия), оптич. метод количеств. элементного анализа по атомным спектрам испускания. Для получения спектров анализируемое в-во переводят в атомный пар в пламени. Об абсорбционной Ф. п. (по атомным спектрам поглощения) см. *Атомно-абсорбционный анализ*; о флуоресцентной — *Атомно-флуоресцентный анализ*. Термическая Ф. п. — разновидность атомного эмиссионного спектрального анализа. В этом методе анализируемый р-р в виде аэрозоля вводят в пламя горючей смеси воздуха или N_2O с углеводородами (пропаном, бутаном, ацетиленом). При этом р-ритель и соли определяемых металлов испаряются и диссоциируют на своб. атомы. Атомы металлов и образовавшиеся в ряде случаев молекулы их оксидов и гидроксидов возбуждаются и излучают световую энергию. Из всего спектра испускания выделяют характерную для определяемого элемента аналит. линию (с помощью светофильтра или монохроматора) и фотоэлектрически измеряют ее интенсивность, х-рая служит мерой концентрации данного элемента.

Метод применяют для определения щелочных, щел.-зем., а также нек-рых др. металлов, напр. Ga, In, Tl, Pb, Mn. Пределы обнаружения щелочных металлов составляют 0,1–0,001 мкг/мл, остальных — 0,1–5 мкг/мл; относит. стандартное отклонение 0,02–0,04. Помехи в методе Ф. п. связаны гл. обр. с нарушением поступления элемента в пламя вследствие образования труднотлетучих соед. (напр., интенсивность излучения Са снижается в присут. H_3PO_4 и солей Al) и смещением равновесия ионизации металлов в пламени (напр., излучение К усиливается в присут. Pb и Cs). Помехи устраняют выбором подходящих р-ров сравнения, буферных р-ров, добавлением спец. реагентов, препятствующих образованию труднотлетучих соединений и др.

Лит.: Полуэктов Н.С., Методы анализа по фотометрии пламени, 2 изд., М., 1967; Петерс Д., Хайес Дж., Хифтс Г., Химическое разделение и измерение, пер. с англ., кн. 1–2, М., 1978. См. также лит. при ст. *Спектральный анализ*.

ФОТОННО-НЕЙТРОННЫЙ АНАЛИЗ, основан на измерении интенсивности нейтронного излучения, возникающего в результате ядерной р-ции при взаимодействии γ -излучения внеш. источника с ядрами атомов анализируемых элементов. На ядрах Ве и D такая р-ция осуществляется при энергиях γ -квантов соотв. 1,7 и 2,2 МэВ, что позволяет использовать радиоуклидные источники (напр., ^{124}Sb , ^{24}Na); для др. элементов требуются потоки γ -квантов с энергиями более 6–7 МэВ, получаемые

с помощью ускорителей заряженных частиц (бетатроны и др.). Содержание элемента в пробе находят сравнением с содержанием его в эталонном образце. Посредством Ф.-н. а. определяют пока только Ве и D; предел обнаружения их в пробах массой 100–150 г составляет соотв. 10^{-4} и $10^{-2}\%$ при активности источника $(70–190) \cdot 10^7$ Бк и длительности измерений 2–10 мин.

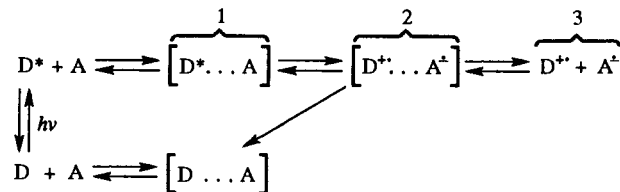
Лит.: Якубович А.Л., Зайцев Е.И., Пржиляговский С.М., Ядерно-физические методы анализа горных пород, 3 изд., М., 1982.

ФОТООКИСЛЕНИЕ, окислительно-восстановит. фотохимическая реакция. Суть Ф. составляет перенос электрона от возбужденной молекулы донора D к невозбужденной молекуле акцептора А. Ф. состоит из неск. стадий и начинается с поглощения донором квантов света $h\nu$ (h — постоянная Планка, ν — частота), к-рое приводит к переходу электрона с высшей занятой мол. орбитали (ВЗМО) на низшую свободную мол. орбиталь (НСМО) и образованию возбужденных частиц D^* . В присут. невозбужденных молекул А электрон переходит с НСМО донора D^* на НСМО акцептора А. В результате происходит окисление донора D^* , энергетически невозможное для обычного термич. (темнового) переноса электрона с ВЗМО донора на НСМО акцептора. При переносе электрона между D^* и А образуются радикальные продукты D^{+*} (D^+ в том случае, если в качестве донора выступает нейтральная молекула D или анион D^- , либо продукты нерадикальной природы $D(D^{+*})$, если донором электрона является анион-радикал D^+ или нейтральный радикал D^* . Соотв. радикальные или нерадикальные продукты образуются из акцептора (подробнее см. *Фотоперенос электрона*).

Изменение энергии Гиббса ΔG при Ф. выражается соотношением $\Delta G = I_p - E_a - \Delta E$ или $\Delta G = E_{1/2}^{ox} - E_{1/2}^{red} - \Delta E$, где I_p — потенциал ионизации D; E_a — сродство к электрону А; ΔE — энергия кванта света $h\nu$; $E_{1/2}^{ox}$ и $E_{1/2}^{red}$ — потенциалы полувольны соотв. полярографич. окисления D и восстановления А. Условие протекания Ф. — выполнение неравенства $\Delta G < 0$. Скорость Ф. зависит от ряда параметров, определяющих в первую очередь ΔG р-ции ($E_{1/2}$ партнеров, энергия возбуждения D, собств. потенц. барьер р-ции, заряды и радиусы D и А и др.).

Константа скорости $k_{\text{фот.}}$ близка к значению константы скорости диффузии в диффузионной области протекания (см. *Реакции в растворах*).

Промежут. стадии можно объединить след. схемой (для жидких р-ров):



Здесь 1 означает комплекс, образуемый в результате встреч D^* и А; 2 — ион-радикальную пару — продукт переноса электрона в комплексе 1; 3 — ион-радикалы, вышедшие в объем р-ра из клетки, образуемой молекулами р-рителями для радикальной пары. Если Ф. протекает с участием орг. молекул донора, то D^* вступает в р-цию в возбужденном синглетном или триплетном состоянии. Для достижения макс. выхода продуктов р-ции между D^{+*} и A^+ , протекающей через триплетное состояние D^* , требуемая концентрация А обычно на неск. порядков меньше, чем в случае р-ции, протекающей через синглетное возбужденное состояние, что является следствием существенного различия (на неск. порядков) во временах жизни триплетных и синглетных возбужденных состояний. С диссоциацией пары конкурирует геминальная рекомбинация с образованием пары исходных (не возбужденных) реагентов $D \cdots A$, вероятность этого процесса зависит, в частности, от мультиплетности состояний $D^{+*} \cdots A^+$ и $D \cdots A$. Напр., геминальная рекомбинация триплетной пары является процессом, запрещенным по спину, синглетная пара преим.

рекомбинирует (спин-разрешенный переход) с образованием исходных реагентов (см. *Клетки эффект*).

Выход продуктов Ф. существенно зависит от св-в среды, прежде всего ее диэлектрич. проницаемости. В неполярной и малополярной средах выход D^+ и A^+ резко падает, что связано с уменьшением энергии сольватации ион-радикалов.

Помимо описанного процесса с образованием электронно-возбужденной молекулы D^* , Ф. часто протекает в присут. третьего реагента – фотосенсибилизатора S. При этом первичным процессом может быть Ф. сенсибилизатора ($S \xrightarrow{h\nu} S^*$; $S^* + A \rightarrow S + A^*$); с послед. его термич. регенерацией ($S^* + D \rightarrow S + D^*$). Как в несенсибилизированном, так и сенсибилизированном Ф. образование возбужденных D^* и S^* , участвующих в первичном процессе окисления, происходит вследствие поглощения ими квантов света (непосредств. фотовозбуждение). Образование D^* или S^* может происходить также в результате безызлучат. переноса энергии от возбужденных молекул M к D или S (сенсибилизир. фотовозбуждение): $M \xrightarrow{h\nu} M^*$; $M^* + D(S) \rightarrow M + D^*(S^*)$. Наиб. распространенное сенсибилизир. Ф. с участием синглетного кислорода: переход O_2 из основного (триплетного) состояния в возбужденное (синглетное).

Первичные (радикальные) продукты Ф. участвуют в дальнейших превращениях с образованием конечных стабильных продуктов, конкурируя с рекомбинацией в объеме $D^{*+} + A^* \rightarrow D + A$, к-рая обуславливает обратимость Ф. Оно может стать необратимым, если первичные продукты D^{*+} и A^* способны к быстрым внутримол. превращениям с образованием новых промежут. продуктов (D^{*+} или $(A^*)^+$), не способных к объемной рекомбинации. Напр., образующийся при Ф. ($C_6H_5COO^*$) радикал $C_6H_5COO^*$ претерпевает быстрое превращение: $C_6H_5CO^* \rightarrow C_6H_5 + CO_2$; аналогично распадается катион-радикал $R_4Sn^{*+} \rightarrow R_3Sn^+ + R$. Повышение необратимости Ф. достигается за счет димеризации $D^{*+} + D \rightarrow D_2^{*+}$, рекомбинации ($2D^* \rightarrow D_2$), а также надмол. организации среды (образование мицелл, везикул и т. п.).

Ф. – одно из наиб. распространенных и важных фотопревращений. Оно составляет сущность первичной стадии фотосинтеза зеленых растений, лежит в основе фотохим. синтеза мн. в-в, фотодеструктивного окисления полимеров и окрашенных материалов, фотохим. преобразования и запасаения солнечной энергии, спектральной сенсибилизации в фотографии. процессе. Ф. протекает в гомогенных р-рах, гетерогенных системах, полимерах, твердых телах в широком интервале т-р.

Лит.: Теренин А.Н., Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений, Л., 1967; Введение в фотохимию органических соединений, под ред. Г.О. Беккера, Л., 1976; Чибисов А.К., «Успехи химии», 1981, т. 50, в. 7, с. 1169–96; Photoinduced electron transfer, pt A, eds. M.A. Fox, M. Chanon, Amst., 1988. А.К. Чибисов.

ФОТООКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ПОЛИМЕРОВ, см. *Деструкция полимеров*.

ФОТОПЕРЕНОС ПРОТОНА, одна из элементарных фотохимических реакций, заключающаяся в передаче протона от молекулы-донора к молекуле-акцептору, причем одна из этих молекул находится в электронно-возбужденном состоянии (синглетном или триплетном). Примеры Ф. п.: диссоциация 2-нафтола RON^* в синглетном возбужденном состоянии $RON^* + H_2O \rightarrow (RO^-) + H_3O^+$; бимолекулярная р-ция RON^* с аминами: $RON^* + (C_2H_5)_3N \rightarrow (RO^-) + (C_2H_5)_3NH^+$. Ф. п. регистрируется по флуоресценции RON и RO^- .

Ф. п. происходит вследствие значит. изменения кислотности pK_a молекул при их фотовозбуждении. Изменение pK_a при возбуждении в синглетное состояние может достигать неск. единиц; оно м. б. вычислено по ф-ле Фёрстера:

$$pK_a^* = pK_a - (0,625/T)\Delta\nu,$$

где pK_a и pK_a^* – кислотности основного и синглетного возбужденного состояний соотв.; $\Delta\nu$ – спектральный сдвиг 0–0-перехода (между ниж. колебат. подуровнями) при кислотной диссоциации соед. ($см^{-1}$); T – абс. т-ра. Поэтому Ф. п. может наблюдаться в системах с кислотно-основным взаимодей., в к-рых перенос протона в основном состоянии термо-

динамически невыгоден. Подавляющее большинство известных р-ций Ф. п. осуществляется с участием гетероатомов (ОН-груп фенолов, N атома азотистых гетероциклов и т. п.) и протекает с сохранением электронного возбуждения, т. е. относится к классу адиабатич. р-ций. Известен и адиабатич. Ф. п. с участием атома С (напр., ароматич. кольца).

Различают меж- и внутримолекулярный Ф. п. В последнем случае передача протона происходит между кислотной и основной группами в одной молекуле. В общем случае Ф. п. протекает в неск. стадий: образование возбужденного комплекса с водородной связью, перенос протона в возбужденном комплексе, диссоциация первичного продукта (напр., возбужденной ионной пары) на ионы. Характер конечных продуктов Ф. п. зависит в осн. от полярности р-рителя: в полярных р-рителях (вода, ацетонитрил) Ф. п. приводит, как правило, к появлению своб. сольватированных ионов, а в р-рителях средней полярности образуются ионные пары. Межмолекулярный Ф. п. может осуществляться как при бимолекулярном взаимодей., так и при фотовозбуждении комплексов с водородной связью, образованных в невозбужденном состоянии. Константы скорости бимолекулярного Ф. п. зависят от разности pK_a реагентов и ограничиваются диффузионными величинами $10^9 - 10^{10} M^{-1} \cdot c^{-1}$. Константы скорости Ф. п. в комплексах с водородной связью и внутримолекулярного Ф. п. могут достигать $10^{12} c^{-1}$, что соответствует практически безактивационному процессу. Ф. п. может протекать и в твердых р-рах орг. соед. (напр., в низкотемпературных стеклах или полимерных матрицах).

Лит.: Мартынов И.Ю. [и др.], «Успехи химии», 1977, т. 46, в. 1, с. 3–31; Lahiri S.C., «J. Sci. and Ind. Res.», 1979, v. 38, № 9, p. 492–509.

А.Б. Демьяшечев.

ФОТОПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОНА, перенос электрона под действием света от молекулы-донора D к молекуле-акцептору A; одна из наиб. распространенных фотохимических реакций. Обычно описывается т. наз. циклом Фёрстера, согласно к-рому при переходе молекулы-донора в электронно-возбужденное состояние потенциал ионизации молекулы-донора $I_e(D^*)$ уменьшается на величину энергии возбуждения $E^*(D)$, а сродство к электрону молекулы-акцептора $A_e(A^*)$ увеличивается на величину энергии возбуждения $E^*(A)$:

$$I_e(D^*) = I_e(D) - E^*(D); \quad A_e(A^*) = A_e(A) + E^*(A)$$

Ф. э. может происходить тремя разл. путями: 1) прямой фотоионизацией с послед. захватом электрона (эжекция электрона); 2) в донорно-акцепторном комплексе непосредственно в акте поглощения фотона; 3) при р-ции первоначально возбужденной молекулы с донором или акцептором электрона. После Ф. э. образуется ион-радикальная пара (геминальная пара; см. *Радикальные пары*), к-рая впоследствии в малополярной среде (диэлектрич. проницаемость $\epsilon < 20$) превращается в контактную сольватированную ион-радикальную пару – эксиплекс, обнаруживаемый по появлению в спектре флуоресценции новой полосы (см. *Экспимеры, Эксиплексы*). В сильнополярных средах ($\epsilon > 30$) происходит диссоциация ион-радикальной пары и эксиплекса на ион-радикалы.

Представление о Ф. э. как одном из важнейших механизмов тушения флуоресценции было впервые высказано В. Бауэром (1929); К. Вебер (1932) связал эффективность тушения с окислит.-восстановит. потенциалом вещества-тушителя. Для описания кинетики Ф. э. используют представления, развитые Р. Маркусом. Константа скорости Ф. э. k определяется своб. энергией активации переноса электрона ΔG^\ddagger :

$$k = k^0 \exp(-\Delta G^\ddagger / RT),$$

где k^0 – предэкспоненциальный множитель, R – газовая постоянная, T – абс. т-ра. Энергия Гиббса Ф. э. определяется ф-лой:

$$\Delta G = I_e(D) - A_e(A) - E^* - C,$$

или

$$\Delta G = E^0(D/D^+) - E^0(A^+/A) - E^* - C,$$

где C – энергия кулоновского взаимодей. ионов, образующихся в результате Ф. э.; $E^0(D/D^+)$ и $E^0(A^+/A)$ – соответствующие стандартные потенциалы окисления донора и восстановления акцептора.

Ур-ние Маркуса предсказывает квадратичную (колоколообразную) зависимость своб. энергии активации Φ .э. от энергии Гиббса:

$$\Delta G^* = \Delta G_0^* [1 + (\Delta G / a \Delta G_0^*)]^2,$$

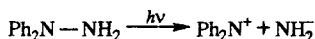
где ΔG_0^* – своб. энергия активации переноса электрона при $\Delta G = 0$, a – эмпирич. постоянная, равная ~ 4 .

Эксперим. проверка, проведенная Д. Ремом и А. Веллером (1970), показала, что даже в случае сильно экзоэргич. процессов не наблюдается уменьшения константы скорости Φ .э., определяемой по тушению электронно-возбужденных состояний донорами и акцепторами электрона. Ими было предложено эмпирич. ур-ние, удовлетворительно описывающее эксперим. данные:

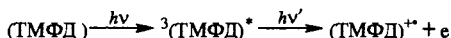
$$\Delta G^* = (\Delta G/2) + [(\Delta G/2)^2 + (\Delta G_0^*)^2]^{1/2}$$

При обратном Φ .э. (в эксиплексах) наблюдается т. наз. инверсная маркусовская область, т. е. уменьшение константы скорости Φ .э. при увеличении энергетич. эффекта.

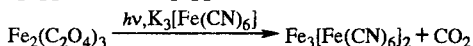
Φ .э. – ключевая стадия в разл. фотохим. р-циях и фотопроцессах (фотосинтезе, фотографии). Напр., под действием света может происходить диссоциация производных гидразина:



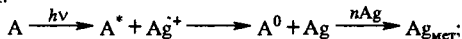
Последоват. поглощение двух фотонов N,N,N',N' -тетраметил- n -фенилендиамин (ТМФД) при 77 К приводит к образованию красителя синего Вюрстера:



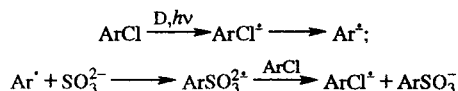
Цианотипия, до недавнего времени широко использовавшаяся для изготовления копий (синец), основана на Φ .э. в системе ферриоксалат-феррицианид:



Спектральная сенсibilизация галогеносеребряных фотоматериалов красителем А. м. б. схематично изображена след. образом:



символ A^0 обозначает отсутствие заряда. Фотоиницированное цепное фотозамещение в ароматич. ядре при взаимодействии галогенароматич. соед. с донорами электрона D может протекать с высоким квантовым выходом (более 20):



Нарушение принципа сохранения орбитальной симметрии (см. Вудворда – Ховмана правила) в нек-рых орг. фотохим. р-циях также объясняют наличием промежут. стадии Φ .э. и образованием эксиплекса.

Лит.: Теренни А.Н., Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений, Л., 1967; Крюков А.И., Шерстюк В.П., Днелунг И.И., Фотоперенос электрона и его прикладные аспекты, К., 1982; Rehm D., Weller A., «Israel J. Chem.», 1970, v. 8, № 2, p. 259–71.

Н.А. Садовский.

ФОТОПЛАСТИНКИ, см. *Фотографические материалы*.

ФОТОПЛЕНКИ, см. *Фотографические материалы*.

ФОТОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ, образование полимеров под действием света, гл. обр. УФ излучения. Осуществляется в газовой, жидкой и твердой фазах. К Φ . относят все фотохим. процессы получения полимеров независимо от их механизма – цепного (полимеризационного) или ступенчатого (поликонденсационного). В первом случае свет служит только для инициирования р-ции, к-рая далее развивается как обычная полимеризация. Во втором случае каждый акт роста цепи требует поглощения кванта света.

При цепной Φ . излучение может поглощаться непосредственно молекулами мономера или инициатора либо молекулами др. в-в (т. наз. сенсibilизаторов), к-рые затем передают молекулам мономера или инициатора энергию излучения.

При сенсibilизации Φ . в газовой фазе используют пары Hg , кетоны и др., в жидкой фазе – разл. красители, многоатомные ароматич. соед., карбонилы, соли и ацетилацетонаты переходных металлов и др.

В пром-сти применяют гл. обр. цепную Φ ., напр. для получения оптически однородных изделий (орг. стекло и др.) и нек-рых стереорегулярных полимеров. Получают распространение Φ . в тонких пленках для отверждения покрытий, изготовления печатных форм, микросхем и т.п. В лаб. практике Φ . используют для определения элементарных констант скорости радикальных р-ций.

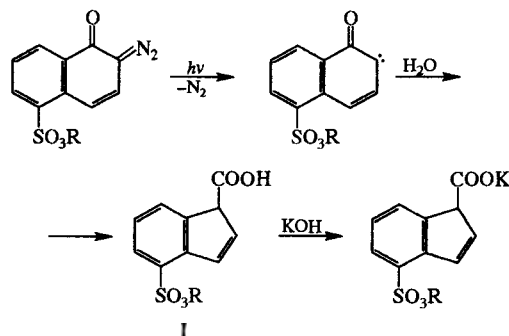
ФОТОРЕЗИСТЫ, светочувствит. материалы, применяемые в фотолитографии для формирования рельефного покрытия заданной конфигурации и защиты нижележащей пов-сти от воздействия травителей.

Φ . обычно представляют собой композиции из светочувствит. орг. в-в, пленкообразователей (феноло-формальдегидные и др. смолы), орг. р-рителей и спец. добавок. Характеризуют Φ . светочувствительностью, контрастностью, разрешающей способностью и теплостойкостью (см. *Репрография, Фотографические материалы*). Область спектральной чувствительности Φ . определяется наличием в светочувствит. орг. в-вах хромофорных групп, способных к фотохим. превращениям, и областью пропускания пленкообразователя.

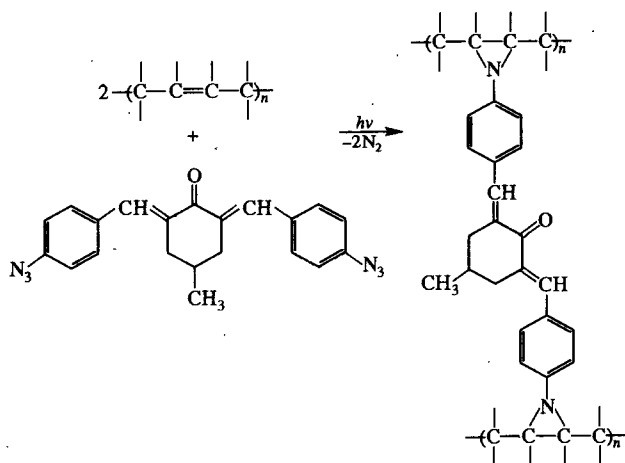
По спектральной чувствительности различают Φ . для видимой области спектра, ближнего (λ 320–450 нм) и дальнего (λ 180–320 нм) УФ излучения, по характеру взаимодейств. с излучением делят на позитивные и негативные. Φ . могут быть жидкими, сухими и пленочными. Жидкие Φ . содержат 60–90% по массе орг. р-рителя, пленочные – менее 20%, сухие обычно состоят только из светочувствит. в-ва. Жидкие Φ . наносят на подложку (см. *Планарная технология*) центрифугированием, напылением или накаткой валиком, сухие – напылением и возгонкой, пленочные – накаткой. Последние имеют вид пленки, защищенной с двух сторон тонким слоем светонепроницаемого полимера, напр. полиэтилена. В зависимости от метода нанесения формируют слои толщиной 0,1–10 нм; наиб. тонкие слои (0,3–3,0 мкм) формируют из жидких Φ . методом центрифугирования или из сухих Φ . методом возгонки.

При экспонировании в слое Φ . образуется скрытое изображение. При этом светочувствит. компонент претерпевает ряд фотохим. превращений, напр. подвергается фотополимеризации или структурированию либо разлагается с выделением газообразных продуктов; в зависимости от этого светочувствит. в-во закрепляется (сшивается) на экспониров. участках и не удаляется при дальнейшем проявлении (визуализации) под действием орг. или водно-щелочных р-рителей или плазмы (негативные Φ .) либо переходит в растворимое состояние и легко удаляется с экспониров. участков при проявлении (позитивные Φ .).

Из позитивных Φ . наиб. распространены композиции, содержащие в качестве светочувствит. компонента сульфозиферы o -нафтохинондиазида (5–40% по массе), а в качестве пленкообразователя – новолачные смолы (до 50%). При экспонировании сульфозифер переходит в сульфопроизводное инденкарбоновой к-ты (ф-ла I) и при проявлении под действием водно-щелочного р-рителя удаляется с экспониров. участков пов-сти вместе со смолой:



Среди негативных Φ . наиб. распространены композиции на основе циклоолефиновых каучуков с диазидами в качестве сшивающих агентов, а также сенсибилизированные поливинилловый спирт, поливинилпирролидон и др. Схема превращения негативного Φ . на основе каучука и диазида представлена р-цией:



Сшитый полимер закрепляется на подложке, а рельефное изображение (маска) образуется в результате вымывания Φ . с неэкспониров. участков.

Для дальнего УФ излучения применяют позитивные Φ . на основе сенсибилизиров. полиметакрилатов и арилсульфозефи- ров с фенольными смолами, а также негативные Φ . на основе композиций галогенированных полистиролов и диазидов с феноло-формальдегидными и др. смолами. Перспективны Φ ., работающие на принципе хим. усиления скрытого изображения; такие Φ . в качестве светочувствит. компонента содержат ониевые соли (напр., $\text{Ph}_3\text{S}^+\text{X}^-$ и $\text{Ph}_2\text{I}^+\text{X}^-$, где $\text{X} = \text{AsF}_6, \text{SbF}_6, \text{PF}_6, \text{CF}_3\text{SO}_3$), катализирующие темновые р-ции др. компонентов Φ . (напр., эфиров нафтолов, резольных смол).

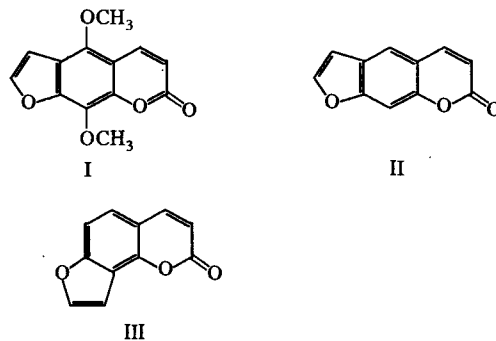
Позитивные Φ . чувствительны к экспозиции 10–250 мДж/см², имеют разрешающую способность 0,1–2,0 мкм, контрастность 1,5–5, теплостойкость 120–140 °С; негативные Φ ., как правило, более чувствительны, но имеют худшую разрешающую способность.

Для получения защитных покрытий заданной конфигурации помимо Φ . используют материалы, чувствительные к воздействию пучка электронов с энергией 5–50 кэВ (электронорезисты), рентгеновского излучения с λ 0,2–0,5 нм (рентгенорезисты) или ионов легких элементов (напр., $\text{H}^+, \text{He}^+, \text{O}^+, \text{Ar}^+$) с энергией более 50 кэВ (ионорезисты). В качестве наиб. важных позитивных электро-, рентгено- и ионорезистов применяют композиции на основе производных полиметакрилатов (напр., галоген-, циано- и амидозамещенных), полиалкиленкетон-ов и полиолефинсульфонов, в качестве негативных – гомо- и сополимеры производных метакрилата, бутадиена, изопрена, стирола, кремнийорг. соед. и др.

Лит.: Валнев К.А., Раков А.А., Физические основы субмикронной литографии в микроэлектронике, М., 1984; Светочувствительные полимерные материалы, под ред. А.В. Ельцова, Л., 1985. Г.К. Селиванов.

ФОТОСЕНСИБИЛИЗИРУЮЩИЕ СРЕДСТВА (от греч. phōs , род. п. phōtós – свет, лат. sensibilis – чувствительный), лек. в-ва, повышающие чувствительность тканей к облучению УФ или оптич. излучением. Наиб. широко Φ . с. используют для лечения кожных заболеваний: псориаза, нейродермита, витилиго, грибовидного лишая и др. Такими св-вами обладают прир. фурукумарины, выделенные из разл. растений. К ним относятся след. препараты: 1) бероксан, содержащий смесь двух фурукумаринов – *ксантотоксина* и *бергаптена*, выделенных из плодов пастернака посевного (*Pastinaca sativa*) семейства зонтичных (*Umbelliferae*); 2) пувален, содержащий ксантотоксин; 3) аммифулин, содержащий смесь изопимпинеллина (ф-ла I), бергаптена и ксантотоксина, выделенных из

семян амми большой (*Ammi majus*) семейства зонтичных; первый из них представляет собой светло-желтые кристаллы, практически не раств. в воде, плохо раств. в этаноле, хорошо – в хлороформе; 4) псорален, содержащий два изомерных фурукумарина – псорален (II) и изопсорален (III), находящийся в плодах и корнях псоралеи костянковой (*Psoralea dru-*



псеае) семейства бобовых (*Leguminosae*); препарат представляет собой бесцв. кристаллы со слабым ароматным запахом, плохо раств. в воде и этаноле, хорошо – в хлороформе; 5) псоберан – смесь псоралена и бергаптена, полученная из листьев сморокницы обыкновенной, или инжира (*Ficus carica*), семейства тутовых (*Moraceae*) – бесцв. кристаллы с характерным запахом, не раств. в воде, плохо раств. в этаноле.

Эти в-ва стимулируют образование пигмента меланина меланоцитами, вызывая впоследствии гиперпигментацию кожи. Лечебное действие фурукумаринов объясняют их взаимодей. с тиминовыми основаниями ДНК при УФ облучении, в результате чего ослабляется процесс репликации ДНК и снижается частота митозов в клетках эпидермиса.

Существуют Φ . с., напр. фталоцианины, для фотодиагностики и фототерапии раковых опухолей.

Лит.: Harber L.C., Bickers D.R., Photosensitivity diseases. Principles of diagnosis and treatment, Phil., 1981. Е.М. Ганкина.

ФОТОСИНТЕЗ, образование зелеными растениями и нек-рыми бактериями орг. в-в с использованием энергии солнечного света. Происходит при участии пигментов (у растений *хлорофиллов*). В основе Φ . лежат окислит.-восстановит. р-ции, в к-рых электроны переносятся от донора (напр., H_2O , H_2S) к акцептору (CO_2) с образованием восстановленных соед. (углеводов) и выделением O_2 (если донор электронов H_2O), S (если донор электронов, напр., H_2S) и др.

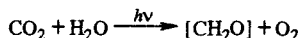
Φ . – один из самых распространенных процессов на Земле, обуславливает круговорот в природе углерода, O_2 и др. элементов. Он составляет материальную и энергетич. основу всего живого на планете. Ежегодно в результате Φ . в виде орг. в-ва связывается ок. $8 \cdot 10^{10}$ т углерода, образуется до 10^{11} т целлюлозы. Благодаря Φ . растения суши образуют ок. $1,8 \cdot 10^{11}$ т сухой биомассы в год; примерно такое же кол-во биомассы растений образуется ежегодно в Мировом океане. Тропич. лес вносит до 29% в общую продукцию Φ . суши, а вклад лесов всех типов составляет 68%. Φ . высших растений и водорослей – единственный источник атм. O_2 .

Возникновение на Земле ок. 2,8 млрд. лет назад механизма окисления воды с образованием O_2 представляет собой важнейшее событие в биол. эволюции, сделавшее свет Солнца главным источником своб. энергии биосферы, а воду – практически неограниченным источником водорода для синтеза в-в в живых организмах. В результате образовалась атмосфера совр. состава, O_2 стал доступным для окисления пищи (см. *Дыхание*), а это обусловило возникновение высокоорганизов. гетеротрофных организмов (применяют в качестве источника углерода экзотические орг. в-ва).

Ок. 7% орг. продуктов Φ . человек использует в пищу, в качестве корма для животных, а также в виде топлива и строит. материала. Ископаемое топливо – тоже продукт Φ . Его потребление в кон. 20 в. примерно равно приросту биомассы.

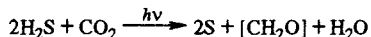
Общее запасание энергии солнечного излучения в виде продуктов Ф. составляет ок. $1,6 \cdot 10^{21}$ кДж в год, что примерно в 10 раз превышает совр. энергетич. потребление человечества. Примерно половина энергии солнечного излучения приходится на видимую область спектра (длина волны λ от 400 до 700 нм), к-рая используется для Ф. (физиологически активная радиация, или ФАР). ИК излучение не пригодно для Ф. кислородвыделяющих организмов (высших растений и водорослей), но используется нек-рыми фотосинтезирующими бактериями.

В связи с тем, что углеводы составляют осн. массу продуктов биосинтетич. деятельности растений, хим. ур-ние Ф. обычно записывают в виде:



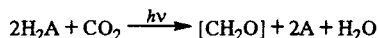
Для этой р-ции ΔH^0 469,3 кДж/моль, понижение энтропии 30,3 Дж/(К·моль), ΔG^0 -479 кДж/моль. Квантовый расход Ф. для одноклеточных водорослей в лаб. условиях составляет 8–12 квантов на молекулу CO_2 . Утилизация при Ф. энергии солнечного излучения, достигающего земной пов-сти, составляет не более 0,1% всей ФАР. Наиб. продуктивные растения (напр., сахарный тростник) в среднем за год усваивают ок. 2% энергии падающего излучения, а зерновые культуры – до 1%. Обычно суммарная продуктивность Ф. ограничена содержанием CO_2 в атмосфере (0,03–0,04% по объему), интенсивностью света и т-рой. Зрелые листья шпината в атмосфере нормального состава при 25 °C на свету насыщающей интенсивности (при солнечном освещении) дают неск. литров O_2 в час на грамм хлорофилла или на килограмм сухого веса. Для водорослей *Chlorella pyrenoidosa* при 35 °C повышение концентрации CO_2 от 0,03 до 3% позволяет повысить выход O_2 в 5 раз, такая активация является предельной.

Бактериальный Ф. и общее ур-ние Ф. Наряду с Ф. высших растений и водорослей, сопровождаемым выделением O_2 , в природе осуществляется бактериальный Ф., в к-ром окисляемым субстратом является не вода, а др. соединения, обладающие более выраженными восстановит. св-вами, напр. H_2S , SO_2 . Кислород при бактериальном Ф. не выделяется, напр.:



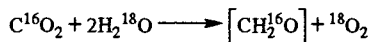
Фотосинтезирующие бактерии способны использовать не только видимое, но и ближнее ИК излучение (до 1000 нм) в соответствии со спектрами поглощения преобладающих в них пигментов – бактериохлорофиллов. Бактериальный Ф. не имеет существенного значения в глобальном запасании солнечной энергии, но важен для понимания общих механизмов Ф. Кроме того, локально бескислородный Ф. может вносить существенный вклад в суммарную продуктивность планктона. Так, в Черном море кол-во хлорофилла и бактериохлорофилла в столбе воды в ряде мест приблизительно одинаково.

Учитывая данные о Ф. высших растений, водорослей и фотосинтезирующих бактерий, обобщенное ур-ние Ф. можно записать в виде:



A – кислород в случае высших растений и водорослей, **S** либо др. элементы – в бактериальном Ф.

Мол. механизм Ф. и структура фотосинтетич. аппарата. С использованием изотопных меток показано, что источником O_2 в Ф. является только вода:



Ф. пространственно и во времени разделяется на два сравнительно обособленных процесса: световую стадию окисления воды и темновую стадию восстановления CO_2 (рис. 1). Обе эти стадии осуществляются у высших растений и водорослей в специализир. органеллах клетки – хлоропластах. Исключение – синезеленые водоросли (цианобактерии), у к-рых нет аппарата Ф., обособленного от цитоплазматич. мембран.

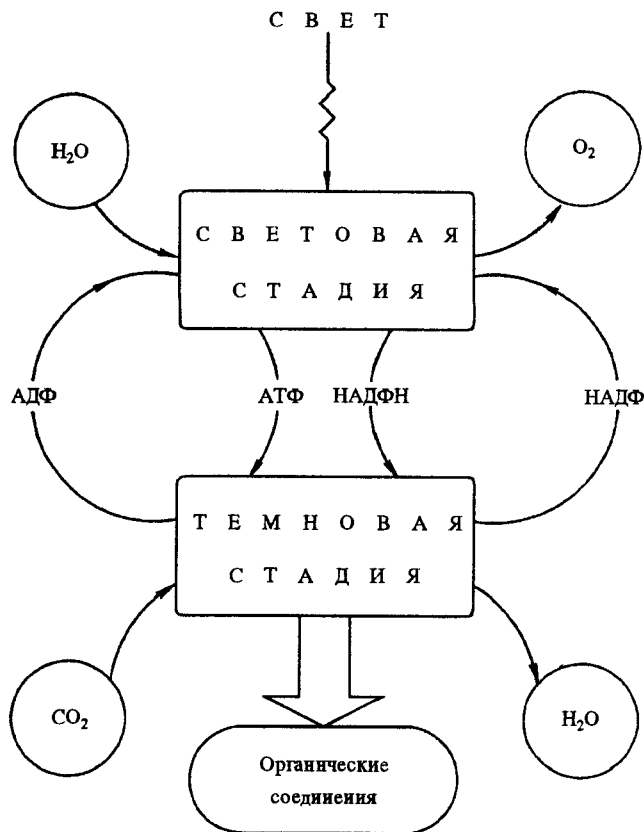


Рис. 1. Схема световой и темновой стадий фотосинтеза; АТФ и АДФ – соотв. аденозинтри- и аденозиндифосфат; НАДФ и НАДФН – соотв. окисленная и восстановленная формы никотинамиддинуклеотидфосфата.

Хлоропласт, представляющий собой замкнутую структуру, отделенную от остальной части клетки оболочкой, заключает в себе весь фотосинтетич. аппарат. Световая стадия реализуется в мембранных структурах хлоропласта (т. наз. тилакоидах), тогда как темновая стадия происходит в жидком содержимом хлоропласта (строме) при участии водорастворимых ферментов. У фотосинтезирующих бактерий хлоропласты отсутствуют, но световая стадия также осуществляется в мембранных образованиях – в т. наз. хроматофорах.

Световая стадия. Миним. функциональная единица, еще способная осуществлять световую стадию Ф., – тилакоид. Он представляет собой микроскопич. плоский диск, образованный белковолипидными мембранами, в к-рых находятся пигменты. В эти мембраны встроены все компоненты, необходимые для окисления воды, восстановления кофермента никотинамиддинуклеотидфосфата (НАДФ) до НАДФН и синтеза АТФ из аденозиндифосфата. Световая стадия инициируется поглощением кванта света пигментами, организованными в спец. светособирающие комплексы. Среди пигментов преобладает хлорофилл *a*. К вспомогат. пигментам относятся хлорофилл *b*, каротиноиды и др. Наличие светособирающей структуры из неск. сотен или десятков молекул пигментов на каждый фотохимически активный (реакционный) центр на 2–3 порядка увеличивает сечение захвата излучения и обеспечивает возможность Ф. при слабом освещении.

Часть вспомогат. пигментов, спектрально наиб. близких к фотохимически активному хлорофиллу, непосредственно окружают каждый из реакционных центров, образуя т. наз. антенны.

Высокая эффективность переноса возбуждения от молекулы, поглотившей квант, к фотохим. центру определяется спектр. св-вами и структурной организацией пигментов све-

тособирающего комплекса и антенны, окружающей фотохим. центр. Эти пигменты обеспечивают передачу возбуждения за время менее 100 пс в пределах времени жизни синглетно возбужденного состояния хлорофилла.

В реакц. центре Ф., куда почти со 100%-ной вероятностью переносится возбуждение, происходит первичная р-ция между фотохимически активной молекулой хлорофилла *a* (у бактерий – бактериохлорофилла) и первичным акцептором электрона (ПА). Дальнейшие р-ции в тилакоидных мембранах происходят между молекулами в их осн. состояниях и не требуют возбуждения светом. Эти р-ции организованы в электронтранспортную цепь – последовательность фиксированных в мембране переносчиков электрона. В электронтранспортной цепи высших растений и водорослей содержится два фотохим. центра (фотосистемы), действующих последовательно (рис. 2), в бактериальной электронтранспортной цепи – один (рис. 3).

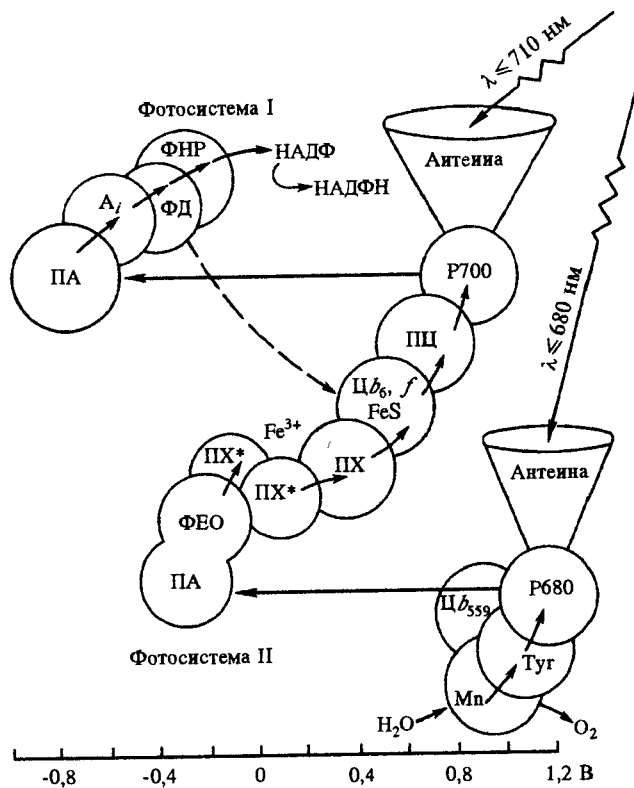


Рис. 2. Схема электронтранспортной цепи Ф. растений и синезеленых водорослей; условные обозначения см. по тексту (Тир – остаток тирозина). Внизу схемы приведена шкала окислительно-восстановительных потенциалов переносчиков электрона.

В фотосистеме II высших растений и водорослей синглетно возбужденный хлорофилл *a* в центре Р680 (число 680 обозначает, что максимум спектральных изменений системы при возбуждении светом находится вблизи 680 нм) отдает электрон через промежуточный акцептор к феофитину (ФЕО, безмагнийный аналог хлорофилла), образуя катион-радикал Р680⁺. Анион-радикал восстановленного феофитина служит далее донором электрона для связанного пластохинона (ПХ^{*}; отличается от убихинонов заместителями в хиноидном кольце), координированного с ионом Fe³⁺ (в бактериях имеется аналогичный Fe³⁺-убихиноновый комплекс). Далее электрон переносится по цепи, включающей свободный пластохинон (ПХ), присутствующий в избытке по отношению к остальным компонентам цепи, затем цитохромы (Ц) *b*₆ и *f*, образующие комплекс с железо-серным центром, через медьсодержащий

белок пластоцианин (ПЦ; мол. м. 10 400) к реакционному центру фотосистемы I.

Центры Р680⁺ быстро восстанавливаются, принимая электрон через ряд промежут. переносчиков от воды. Образование О₂ требует последоват. четырехкратного возбуждения реакционного центра фотосистемы II и катализируется мембранным комплексом, содержащим Мп.

Хлорофилл *a* в фотосистеме I, имеющий максимум поглощения вблизи 700 нм (центр Р700), является первичным фотовозбуждаемым донором электрона, к-рый он отдает первичному акцептору (ПА; его природа однозначно не установлена), а затем, через ряд промежут. переносчиков (А₁) – растворимому белку ферредоксину (ФД), восстанавливающему с помощью фермента ферредоксин-НАДФ-редуктазы (ФНР) НАДФ до НАДФН. Катион-радикал окисленного пигмента Р700⁺ восстанавливается пластоцианином.

В зрелых хлоропластах имеются граны (стопки тилакоидов), в мембранах к-рых присутствуют все компоненты электронтранспортной цепи, и т. наз. агранальные тилакоиды, не содержащие фотосистемы II.

Благодаря асимметр. расположению компонентов электронтранспортной цепи относительно плоскости мембраны при разделении зарядов между хлорофиллом в каждом из двух фотосинтетич. центров и акцептором электрона на тилакоидной мембране создается разность электр. потенциалов

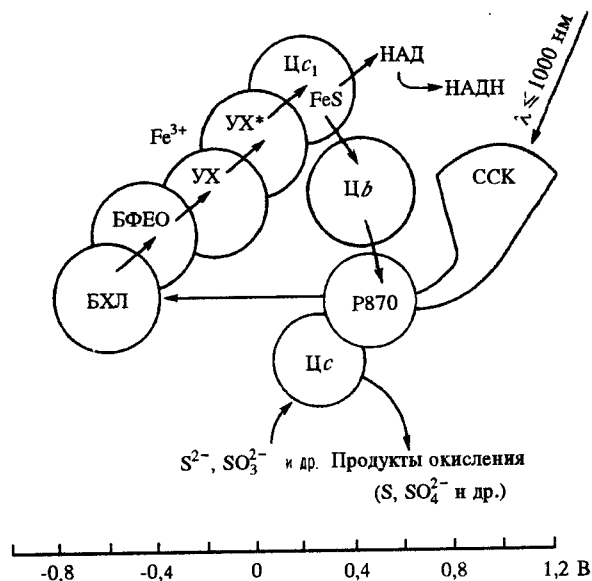


Рис. 3. Схема электронтранспортной цепи пурпурных бактерий: ССК – светособирающий комплекс; БХЛ – бактериохлорофилл; БФЕО – бактериофеофитин; УХ – убихин; УХ* – убихинон, связанный с ионом Fe³⁺; Ц – цитохром. Внизу схемы приведена шкала окислительно-восстановительных потенциалов переносчиков электрона.

(плюс – на внутренней, минус – на внешней ее стороне). Перенос электрона пластохиноном сопровождается транспортом протонов, к-рые захватываются снаружи тилакоида при восстановлении пластохинона и освобождаются внутрь тилакоида при окислении пластохинона. Перенос электронов сопряжен с синтезом АТФ из аденозиндифосфата (АДФ) и неорг. фосфата. Предполагают, что обратный транспорт протонов из тилакоидов в строму через белковый сопрягающий фактор (H⁺-АТФ-синтазу) сопровождается образованием АТФ.

Фотосистема I может действовать автономно без контакта с системой II. В этом случае циклич. перенос электрона (на схеме показан пунктиром) сопровождается синтезом АТФ, а не НАДФН. Образующиеся в световой стадии кофермент

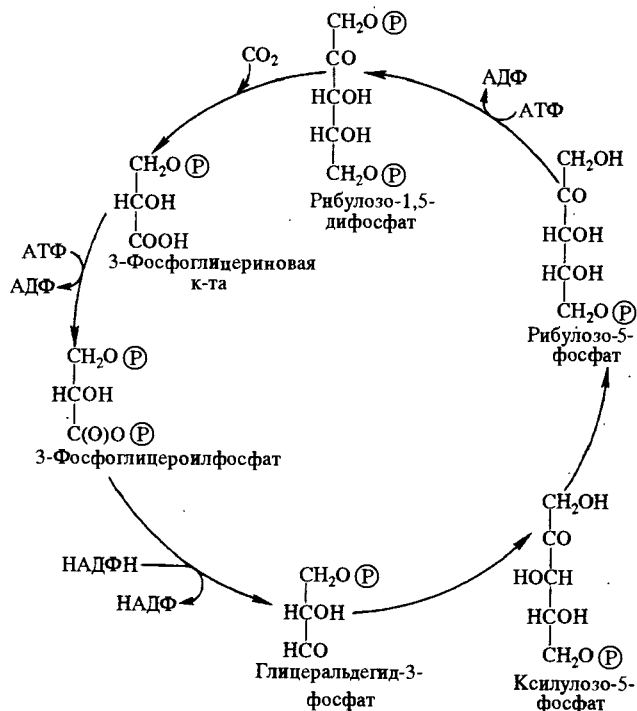


Рис. 4. Упрощенная схема цикла Калвина; (Р) — остаток фосфорной к-ты.

НАДФН и АТФ используются в темновой стадии Ф., в ходе которой снова образуются НАДФ и АДФ.

Электронтранспортные цепи фотосинтезирующих бактерий в основных своих чертах аналогичны отдельным фрагментам таковых в хлоропластах высших растений. На рис. 3 показана электронтранспортная цепь пурпурных бактерий.

Темновая стадия Ф. Все фотосинтезирующие организмы, выделяющие O_2 , а также нек-рые фотосинтезирующие бактерии сначала восстанавливают CO_2 до фосфатов сахаров в т. наз. цикле Калвина. У фотосинтезирующих бактерий встречаются, по-видимому, и др. механизмы. Большинство ферментов цикла Калвина находится в растворимом состоянии в строме хлоропластов.

Упрощенная схема цикла показана на рис. 4. Первая стадия — карбоксилирование рибулозо-1,5-дифосфата и гидролиз продукта с образованием двух молекул 3-фосфоглицериновой к-ты. Эта C_3 -кислота фосфорилируется АТФ с образованием 3-фосфоглицероилфосфата, к-рый затем восстанавливается НАДФН до глицеральдегид-3-фосфата. Полученный триозофосфат затем вступает в ряд р-ций изомеризации, конденсации и перегруппировок, дающих 3 молекулы рибулозо-5-фосфата. Последний фосфорилируется при участии АТФ с образованием рибулозо-1,5-дифосфата и, т. обр., цикл замыкается. Одна из 6 образующихся молекул глицеральдегид-3-фосфата превращается в глюкозо-6-фосфат и используется затем для синтеза крахмала либо выделяется из хлоропласта в цитоплазму. Глицеральдегид-3-фосфат может также превращаться в 3-глицерофосфат и затем в липиды. Триозо-

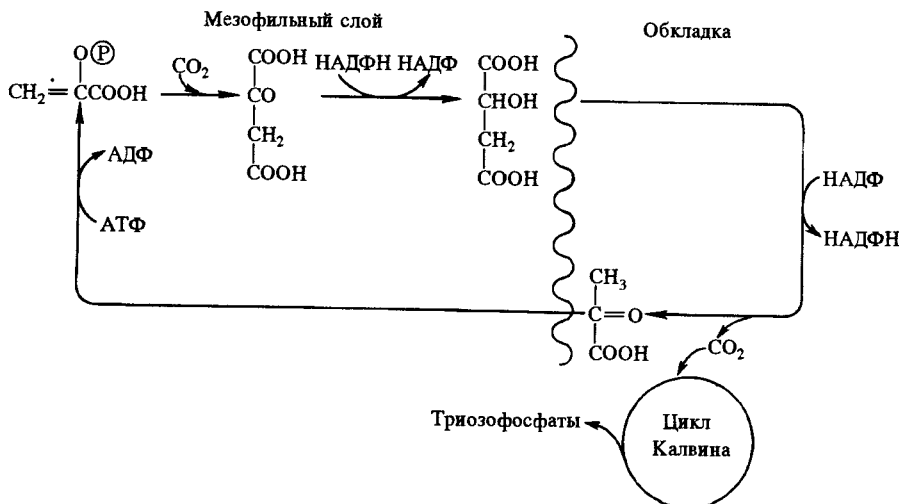
фосфаты, поступающие из хлоропласта, превращаются в осн. в сахарозу, к-рая переносится из листа в др. части растения.

В одном полном обороте цикла Калвина расходуется 9 молекул АТФ и 6 молекул НАДФН для образования одной молекулы 3-фосфоглицериновой к-ты. Энергетич. эффективность цикла (отношение энергии фотонов, необходимых для фотосинтеза АТФ и НАДФН, к ΔG^0 образования углевода из CO_2) с учетом действующих в строме хлоропласта концентраций субстратов составляет 83%. В самом цикле Калвина нет фотохим. стадий, но световые стадии могут косвенно влиять на него (в т. ч. и на р-ции, не требующие АТФ или НАДФН) через изменения концентраций ионов Mg^{2+} и H^+ , а также уровня восстановленности ферредоксина.

Нек-рые высшие растения, приспособившиеся к высокой интенсивности света и к теплему климату (напр., сахарный тростник, кукуруза), способны предварительно фиксировать CO_2 в дополнит. C_4 -цикле. При этом CO_2 сначала включается в обмен четырехуглеродных дикарбоновых к-т, к-рые затем декарбоксилируются там, где локализован цикл Калвина. C_4 -Цикл характерен для растений с особым анатомич. строением листа и разделением ф-ций между двумя типами клеток: мезофильных, где сосредоточено карбоксилирование фосфоенолипириновинной к-ты, и клеток обкладки сосудистого пучка, где функционирует цикл Калвина. Образующаяся в C_4 -цикле щавелевоуксусная кислота восстанавливается НАДФН до яблочной, к-рая перемещается в клетки сосудистой обкладки и здесь подвергается окислит. декарбоксилированию, образуя пировиноградную к-ту, CO_2 и НАДФН. Два последних используются в цикле Калвина, а пировиноградная к-та возвращается в C_4 -цикл (рис. 5). Физиол. смысл C_4 -цикла состоит в запасании CO_2 и повышении, т. обр., общей эффективности процесса.

Для кактусов, молочая и др. засухоустойчивых растений характерно частичное разделение фиксации CO_2 и Ф. во времени (САМ-обмен, или обмен по типу толстянковых; САМ сокр. от англ. *Crassulaceae acid metabolism*). Днем устьица (каналы, через к-рые осуществляется газообмен с атмосферой) закрываются, чтобы уменьшить испарение воды. При этом поступление CO_2 также затруднено. Ночью устьица открываются, происходит фиксация CO_2 в виде фосфоенолпировиноградной к-ты с образованием C_4 -кислот, к-рые днем декарбоксилируются, а освобождаемый при этом CO_2 включается в цикл Калвина (рис. 6).

Ф. галобактерий. Единственный известный в природе нехлорофильный способ запасаания энергии света осуществляют бактерии *Halobacterium halobium*. На ярком свете при пониженной концентрации O_2 они образуют в своих мембранах пурпурный белок *бактериородопсин*. В результате индуциро-

Рис. 5. C_4 -Цикл фиксации CO_2 .

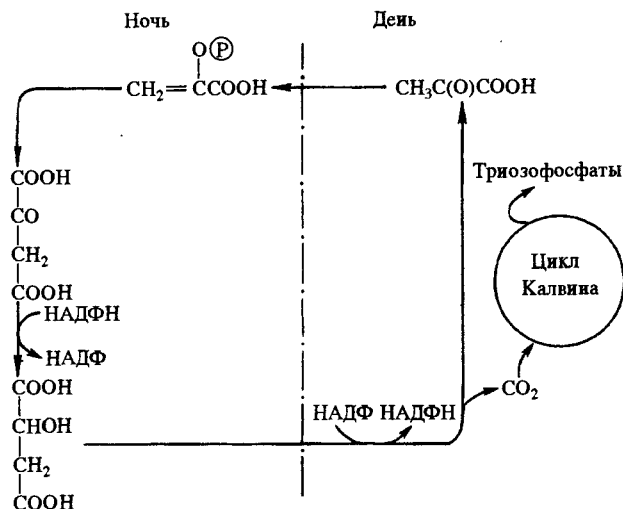


Рис. 6. САМ-тип углеродного обмена.

ванной светом *цис-транс*-изомеризации ретиналя (хромофора этого пигмента) происходит поглощение H^+ и синтез АТФ. Последний используется для частичного обеспечения энергетич. потребностей клетки.

Историческая справка. Ок. 1770 Дж. Пристли обнаружил, что растения выделяют O_2 . В 1779 Я. Ингенхауз установил, что для этого необходим свет и что O_2 выделяют только зеленые части растений. Ж. Сенебье в 1782 показал, что для питания растений требуется CO_2 ; в нач. 19 в. Н. Соссюр, исходя из закона сохранения массы, подтвердил, что большая часть массы растений создается из CO_2 и воды. В 1817 П. Пельтье и Ж. Каванту выделили зеленый пигмент хлорофилл. Позже К.А. Тимирязев показал близость спектра действия Ф. и спектра поглощения хлорофилла. Ю. Сакс в сер. 19 в., по-видимому, первым осознал, что этот продукт накапливается в хлоропластах, а Т.В. Энгельман доказал, что именно там же выделяется и O_2 .

В работах Ф. Блэкмана (1905), Р. Эмерсона и У. Арнолда (1932), а также Р. Хилла (1936–41) показано наличие световой и темновой стадий Ф. и экспериментально реализована световая стадия в отсутствие CO_2 с использованием искусств. акцепторов электрона. Тем самым были получены подтверждения представлений об образовании O_2 путем окисления воды. Окончательно это было доказано масс-спектрометрич. методом (С. Рубен, М. Камен, а также А.П. Виноградов и Р.В. Тейс, 1941).

В 1935–41 К. Ван Ниль обобщил данные по Ф. высших растений и бактерий и предложил общее ур-ние, охватывающее все типы Ф.

Х. Гаффрон и К. Воль, а также Л. Дэйсенс в 1936–52 на основе количеств. измерений выхода продуктов Ф. поглощенного света и содержания хлорофилла сформулировали представление о «фотосинтетич. единице» – ансамбле молекул пигмента, осуществляющих светосбор и обслуживающих фотохим. центр.

В 40–50-х гг. М. Калвин, используя изотоп ^{14}C , выявил механизм фиксации CO_2 . Д. Арнон (1954) открыл фотофосфорилирование (инициируемый светом синтез АТФ из АДФ и H_3PO_4) и сформулировал концепцию электронного транспорта в мембранах хлоропластов. Р. Эмерсон и Ч.М. Льюис (1942–43) обнаружили резкое снижение эффективности фотосинтеза при $\lambda \geq 700$ нм (красное падение, или первый эффект Эмерсона), а в 1957 Эмерсон наблюдал неаддитивное усиление Ф. при добавлении света низкой интенсивности с λ 650 нм к дальнему красному свету (эффект усиления, или второй эффект Эмерсона). На этом основании в 60-х гг. сформулировано представление о последовательно действующем

этих фотосистемах в электронтранспортной цепи Ф. с максимумами в спектрах действия вблизи 680 и 700 нм.

Осн. закономерности образования O_2 при окислении воды в Ф. установлены в работах Б. Кока и П. Жюлио (1969–70). Близости к завершению выяснение мол. организации мембранного комплекса, катализирующего этот процесс. В 80-х гг. методом рентгеновского структурного анализа детально изучена структура отдельных компонентов фотосинтетич. аппарата, включая реакционные центры и светособирающие комплексы (И. Дайзенхофер, Х. Михель, Р. Хубер).

Лит.: Клейтон Р., Фотосинтез. Физические механизмы и химические модели, пер. с англ., М., 1984; «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1986, т. 31, № 6; Фотосинтез, под ред. Говинджи, пер. с англ., т. 1–2, М., 1987; Итоги науки и техники, сер. Биофизика, т. 20–22, М., 1987. М.Г. Гальфельд.

ФОТОТЕРМОПЛАСТИЧЕСКАЯ ФОТОГРАФИЯ, см. *Репрография*.

ФОТОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, хим. р-ции, протекающие под действием света. Поглощение фотона с длиной волны ~ 100 –1500 нм, чему соответствует энергия 0,8–12,4 эВ (80–1200 кДж/моль), вызывает квантовый переход молекулы в-ва из основного электронного состояния в одно из возбужденных состояний или фотоионизацию – отщепление электрона и образование катион-радикала. Возбужденные состояния молекул имеют отличную от основного состояния электронную структуру и, как правило, более высокую реакционную способность. Молекулы вступают в хим. р-ции, первичные продукты к-рых (ионы, радикалы, изомеры) чаще всего оказываются нестабильными. Конечные продукты Ф. р. появляются в результате обычных термич. р-ций, к-рые протекают либо непосредственно с участием первичных частиц, либо как ряд последовательных хим. превращений.

Как правило, для молекул с четным числом электронов при фотовозбуждении первоначально образуется возбужденное синглетное состояние (с *мультиплетностью*, равной 1). Ф. р. обычно протекает из нижнего возбужденного синглетного состояния или из триплетного состояния (мультиплетность 3), к-рое получается из возбужденного синглетного состояния путем интеркомбинационной конверсии (изменения спина одного из электронов).

С хим. р-циями возбужденных молекул конкурируют фотофиз. процессы: испускание фотона (флуоресценция или фосфоресценция), внутренняя и интеркомбинационная конверсия в нижележащие электронные состояния (триплетное или основное). Вследствие этих процессов времена жизни возбужденных синглетных состояний обычно не превышают 10^{-8} – 10^{-9} с. Триплетные состояния в жидких р-рах обычно «гибнут» в результате безызлучат. перехода и дезактивации (тушения) примесями (напр., кислородом); времена их жизни не превышают 10^{-5} с. В «жестких» средах (замороженных р-рах, полимерных матрицах), где процессы дезактивации замедляются, времена жизни триплетных состояний могут достигать десятка секунд.

Квантовый выход Ф первичного продукта Ф. р., образующегося из к.-л. возбужденного состояния, равен отношению скорости этой Ф. р. к сумме скоростей всех фотофиз. и фотохим. процессов гибели этого возбужденного состояния. Поскольку такие процессы м. б. как мономолекулярными, так и бимолекулярными, сумму их скоростей выражают через сумму констант скорости k_i мономолекулярных (для р-ций первого порядка) и псевдомономолекулярных (для р-ций второго порядка) процессов, при условии, что для бимолекулярных р-ций концентрация $[X]$ реагента в осн. электронном состоянии гораздо больше концентрации возбужденных молекул. Если ϕ – квантовый выход молекул в возбужденном состоянии (как правило, $\phi = 1$ для возбужденных синглетных состояний и $\phi \leq 1$ для триплетных состояний), k_r – константа скорости рассматриваемой Ф. р., то

$$\Phi = \phi k_r [X] / \sum_i k_i$$

Суммарный выход конечного продукта равен произведению выходов всех продуктов в ряду последоват. хим. превращений, предшествующих образованию конечного продукта. В случае

цепных р-ций выход конечного продукта может значительно (иногда на неск. порядков) превышать единицу.

Существует и др. определение квантового выхода — как отношение числа молекул, участвующих в фотохим. или фотофиз. процессе, к числу поглощенных фотонов. От квантового выхода следует отличать квантовую эффективность — отношение скорости процесса к скорости образования возбужденного состояния, из к-рого протекает данный процесс. Квантовый выход и квантовая эффективность равны для процессов, происходящих из синглетного возбужденного состояния.

Механизмы Ф. р. Большинство Ф. р. протекает из термализованных самых нижних возбужденных состояний соответствующей мультиплетности (правило Каша). Это обусловлено чрезвычайно высокой скоростью термализации — установления термич. равновесия в результате перераспределения избыточной колебат. энергии между разл. степенями свободы возбужденных молекул и средой, а также высокой скоростью внутр. конверсии — переходов из высших возбужденных состояний в низшие возбужденные состояния той же мультиплетности, к-рая значительно превышает скорость большинства хим. р-ций и процессов испускания. Для таких Ф. р. квантовый выход не зависит от энергии поглощаемого фотона (длины волны возбуждающего света). Однако существуют также Ф. р., протекающие из нерелаксированных (франк — кондоновских) возбужденных состояний, непосредственно образующихся при поглощении фотона. Таковы, напр., нек-рые р-ции диссоциации и изомеризации. При этом хим. р-ция конкурирует не с испусканием фотона или дезактивацией возбужденного состояния, а с его релаксацией в состояние, из к-рого возможен переход с флуоресценцией или фосфоресценцией. Квантовый выход таких р-ций не зависит от времени жизни флуоресцентного или фосфоресцентного состояния, но зависит от энергии возбуждения.

Существует два принципиально различных типа первичных р-ций фотовозбужденных молекул. При адиабатич. Ф. р. электронное возбуждение в элементарном хим. акте сохраняется, р-ция полностью протекает на *поверхности потенциальной энергии* (ППЭ) возбужденного электронного состояния и первичный продукт получается в возбужденном состоянии. При диабатич. первичных р-циях (иногда неправильно наз. неадиабатическими) электронное возбуждение в первичном хим. акте теряется, происходит переход с ППЭ возбужденного состояния на ППЭ основного состояния и первичный продукт сразу же получается невозбужденным. В нек-рых случаях и адиабатич. р-ции могут приводить к основному состоянию продукта, если ППЭ основного и возбужденного состояний в области *координаты реакции*, соответствующей первичному продукту, оказываются вырожденными (напр., при фотодиссоциации молекулы на атомы или радикалы).

Теория переходного состояния, на к-рой основано большинство используемых в химии концепций реакционной способности молекул в термич. р-циях (см. *Активированного комплекса теория*), применима, строго лишь к адиабатич. Ф. р. Диабатич. Ф. р. целесообразно рассматривать с позиций теории безызлучат. переходов, однако она пока недостаточно развита, особенно для сложных молекул. Наличие конкурирующих физ. процессов потери энергии электронного возбуждения, константы скорости к-рых даже для изолир. молекул очень велики и могут в ряде случаев достигать 10^{10} с^{-1} и более, осложняет механизм Ф. р. Способность фотовозбужденных молекул к хим. взаимодействию определяется не столько значениями констант скорости соответствующих хим. р-ций, сколько соотношением скоростей р-ции и конкурирующих с ней физ. процессов деградации энергии электронного возбуждения. При взаимод. возбужденных молекул с к.-л. реагентами, помимо процессов потери энергии возбуждения, присущих самим возбужденным молекулам, возникают новые, часто еще более эффективные пути деградации энергии, обусловленные появлением дополнит. степеней свободы молекулы в реакционном комплексе и получившие назв. индуцированной дезактивации.

Для рассмотрения хим. активности возбужденных молекул привлекают как «статич.» представления об электронной структуре (классификация мол. орбиталей, распределение электронной плотности, эффективные заряды на атомах и т. п.), так и «динамич.» характеристики, т. е. изменения в элементарном хим. акте тех или иных параметров (сохранение орбитальной симметрии, мультиплетности, изменение энергии Гиббса, энергии локализации и др.).

Для Ф. р. наиб. перспективны динамич. подходы, поскольку они позволяют учитывать специфику конкретных процессов и в ряде случаев совместно рассматривать хим. превращение и конкурирующие с ним процессы деградации энергии возбуждения. Р-ции возбужденных молекул с этой точки зрения разделяют на разрешенные и запрещенные (по мультиплетности, орбитальной симметрии и др.). Напр., при нарушении орбитальной симметрии на пути р-ции возникает значит. потенциальный барьер, высота к-рого непосредственно не связана с энергетикой р-ции. Скорость таких Ф. р. может сильно изменяться даже при слабых изменениях структуры и симметрии молекул реагентов. Аналогично, для Ф. р., связанных с изменением мультиплетности реагирующих частиц, весьма существенны факторы, влияющие на спиновые взаимодействия (см. *Спин-орбитальное взаимодействие, Спин-спиновое взаимодействие*); эти факторы определяют вероятность инттеркомбинационной конверсии, к ним относится, в частности, наличие в реагирующих молекулах или в среде тяжелых атомов парамагн. частиц, а также внеш. магн. поля.

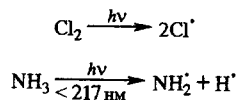
Для адиабатич. Ф. р. и диабатич. Ф. р., разрешенных правилами отбора (напр., для *фотопереноса протона, фотопереноса электрона*, отрыва атома Н и др.), наблюдаются однотипные зависимости констант скорости от изменения энергии Гиббса в первичном фотохим. акте. Напр., для переноса электрона между возбужденной молекулой и донором электрона зависимость энергии Гиббса активации ΔG^* от энергии Гиббса переноса электрона ΔG^0 описывается ур-нием:

$$\Delta G^* = \Delta G^0/2 + [(\Delta G^0)^2 + (\Delta G^0/2)^2]^{1/2},$$

где ΔG_0^* — эмпирич. параметр, соответствующий энергии активации изоэнергетич. р-ции ($\sim 20 \text{ кДж/моль}$). Для нахождения ΔG^0 р-ций возбужденных молекул используют цикл Фёрстера, согласно к-рому в случае адиабатич. р-ций энтальпия р-ции ΔH^{0*} в возбужденном состоянии меньше энтальпии р-ции ΔH^0 в основном состоянии на величину разности энергий возбуждения исходной молекулы E^* и первичного продукта E' : $\Delta H^{0*} = \Delta H^0 - (E^* - E')$. Значения E^* и E' легко определить из эксперим. спектральных данных или расчетом. Для диабатич. Ф. р., где первичный продукт образуется непосредственно в основном состоянии, ΔE^* опускают. В большинстве случаев полагают, что энтропии р-ций в основном и возбужденном состояниях примерно одинаковы и записывают аналогичное ур-ние для ΔG^* , к-рое позволяет вычислять константы равновесия и энергетику Ф. р. из возбужденных состояний.

При классификации Ф. р., помимо общепринятых признаков — по типу разрываемых и образуемых связей, важное значение имеют механизмы разрыва и образования связей.

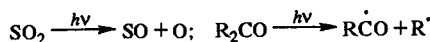
Основные типы Ф. р. Фотодиссоциация — распад молекулы по к.-л. связи на радикалы, атомы или ионы, напр.:



Фотодиссоциация происходит при отталкивательном (диссоциативном) типе ППЭ возбужденных состояний молекул. В оптич. спектрах поглощения для переходов в «диссоциативные» состояния характерны сплошные полосы. Фотодиссоциация типична для таких возбужденных состояний, в к-рых электрон находится на разрывающейся σ^* -орбитали. Существуют р-ции, когда первичный продукт образует-

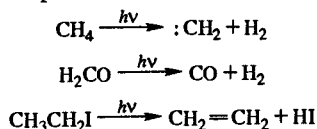
ся в возбужденном состоянии [напр., $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{h\nu} \text{H}^* + \text{OH}(\text{A}^2\Sigma^+)$]. В конденсир. средах первичные продукты фотодиссоциации оказываются в «клетке», образованной частицами р-рителя, и могут рекомбинировать с образованием исходных молекул (см. *Клетки эффект*), что приводит к существенному снижению квантового выхода по сравнению с Ф.р. в газовой фазе, где выход часто близок к единице. Фотодиссоциация – первичная стадия мн. р-ций замещения, стадия инициирования в цепных р-циях.

Преддиссоциация – разновидность фотодиссоциации, при к-рой после поглощения фотона молекула первоначально оказывается в стабильном возбужденном состоянии, а из него переходит в диссоциативное возбужденное состояние, напр.:



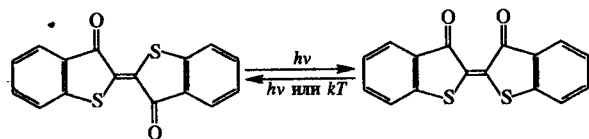
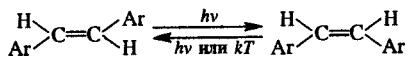
Фотодиссоциация может протекать гомолитически либо гетеролитически. Из р-ций гетеролитич. фотодиссоциации наиб. важны фотопротолитич. р-ции (связанные с гетеролитич. разрывом связи элемент – водород). Известны также многочисленные р-ции гетеролитич. фотодиссоциации по др. связям, в частности С–С, напр. в лейкооснованиях – триарилметановых и нек-рых др. красителях: $\text{Ar}_3\text{C} - \text{CN} \xrightarrow{h\nu} \text{Ar}_3\text{C}^+ + \text{CN}^-$. Нек-рые из таких Ф.р. могут протекать адиабатически с образованием возбужденных ионов красителей. Первоначально образующиеся карбокатионы могут взаимодействовать с нуклеофилами, приводя в конечном итоге к продуктам нуклеоф. замещения. Широко распространена гетеролитич. диссоциация в координационных соед., также приводящая в конце концов к замещению лигандов.

Распад (отщепление, фрагментация) – разложение на мол. фрагменты, сопровождающиеся перегруппировкой связей, напр.:



Разрыв и перегруппировка связей обычно происходят синхронно при движении системы частиц по соответствующей сложной форме ППЭ возбужденного состояния. Такие р-ции подчиняются правилам отбора для согласованных р-ций (см. *Вудворда – Хофмана правила*). Правило сохранения орбитальной симметрии разрешает для возбужденных состояний, в отличие от основного состояния, р-ции, протекающие через четырехцентровые переходные состояния. Для таких р-ций характерно слабое влияние конденсир. фазы и присутствия добавок, в частности акцепторов радикалов, на квантовый выход.

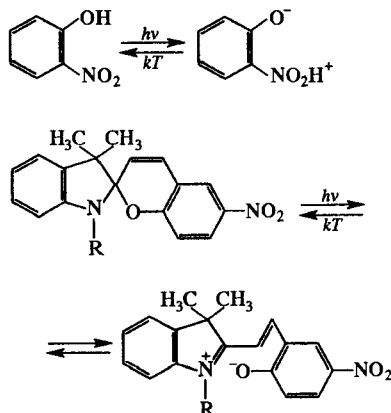
Фотоизомеризация. В зависимости от характера изомеризации различают стереоизомеризацию, таутомерные превращения, перегруппировки. Широко распространены процессы *цис-транс*- и *транс-цис*-фотоизомеризации непредельных соед., напр. арилэтиленов и тиоиндиго:



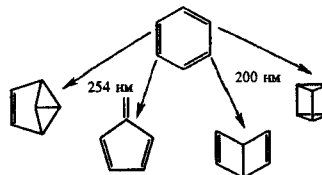
(Г – абс. г-ра, k – постоянная Больцмана)

Эти Ф.р. обусловлены тем, что минимумы на ППЭ возбужденных состояний, в отличие от ППЭ основного состояния, часто соответствуют ортогональной, а не планарной конфигурации молекулы.

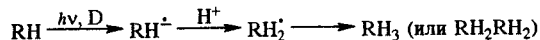
Практич. применение в качестве фотохромных систем находит фотоизомеризация *орто*-нитроароматич. соед. и спиропиранов в мероцианины:



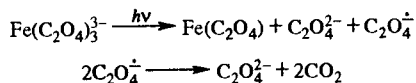
Широко распространены фотоперегруппировки в ряду ароматич. и циклич. непредельных соед., напр. бензола и его производных – в бензвален, фульвен, т. наз. дыуаровский бензол и призмат:



Окислительно-восстановит. Ф.р. В основе большинства из них лежит фотоперенос электрона. Образующиеся в первичной стадии ион-радикалы вступают в дальнейшие превращения, давая продукты окисления или восстановления. Напр., при взаимодействии дурохина с донорами электрона (аминами, спиртами) под действием света первоначально образуются семихиноновые анион-радикалы, диспропорционирование к-рых дает хинон и гидрохинон. Подобным образом происходит фотовосстановление красителей (акридиновых, оксазиновых, тиазиновых) до лейкоформ. Аналогично из ароматич. углеводородов RH в присут. доноров электрона D получаются анион-радикалы, к-рые в протонных р-рителях присоединяют протон и дают в конце концов продукты диспропорционирования, рекомбинации и т.п.:



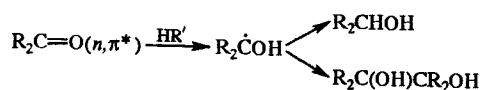
В координац. соед. часто наблюдается фотоперенос электрона между центр. ионом и лигандом, что приводит к образованию окисленной и восстановленной форм, напр.:



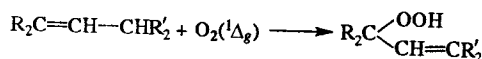
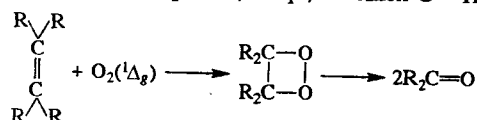
Перенос электрона может происходить не только при взаимодействии возбужденных молекул с донором или акцептором электрона, но и путем прямой *фотоионизации* молекул. Для фотоионизации требуется, чтобы энергия фотона превышала потенциал ионизации, что обычно существенно больше, чем для возбуждения молекулы. В конденсир. фазе энергия, необходимая для фотоионизации, понижается по сравнению с газовой фазой на 1–2 эВ вследствие поляризации среды образующимися ионами. При фотоионизации (напр., аминов в замороженных р-рах) оптич. и радиоспектроскопич. методами наблюдается образование их катион-радикалов. Элект-

рон первоначально сольватируется р-рителем, а затем присоединяется к к.-л. акцептору, присутствующему в р-ре.

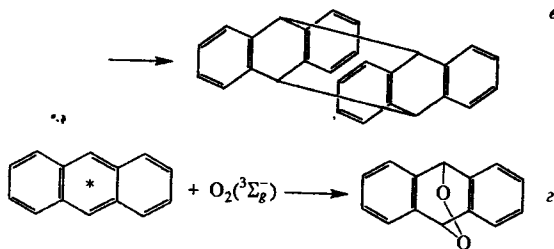
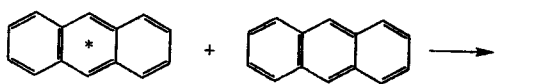
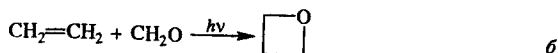
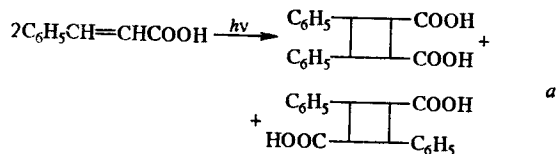
Фотовосстановление и фотоокисление могут протекать и не через стадии фотопереноса электрона. Так, фотовосстановление карбонильных, гетероциклич. и нитроароматич. соед. происходит путем отрыва n, π^* -возбужденными состояниями этих молекул атома Н от р-рителя и дальнейших превращений образующихся радикалов, напр.:



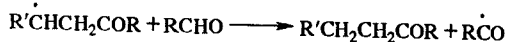
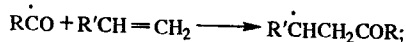
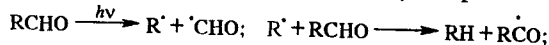
Фотоокисление кислородом часто протекает путем фотосенсибилизир. превращения мол. кислорода, основное состояние к-рого является триплетным ($^3\Sigma_g^-$), в синглетное ($^1\Delta_g$) состояние. Синглетный кислород легко присоединяется по кратным связям и внедряется, напр., по связи C—H:



Присоединение к возбужденным молекулам разл. реагентов характерно для многих ненасыщенных соед. Такие Ф. р. обычно протекают по синхронному механизму и подчиняются соответствующим правилам отбора (по мультиплетности, орбитальной симметрии и др.). Типичные примеры — образование циклобутановых соед. (а), оксетанов (б), фотодимеризация (в), образование оксидов ароматич. соед. (г):

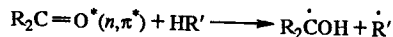


Известны процессы фотоприсоединения, протекающие по радикальному (иногда цепному) механизму, напр.:



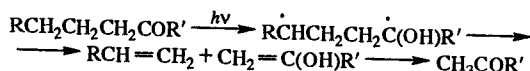
Отрыв атомов (гомолитический) возбужденными молекулами от реагента (или р-рителя) характерен для воз-

бужденных состояний, имеющих неспаренный электрон на несвязывающей орбитали (напр., для n, π^* -состояний карбонильных и гетероциклич. соед.):

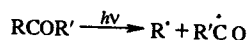


Первично образующиеся радикалы вступают во вторичные р-ции рекомбинации или диспропорционирования, что приводит к стабильным конечным продуктам (в данном примере пинаконам или спиртам — продуктам восстановления исходного кетона). Причиной такого хим. поведения возбужденных n, π^* -состояний является сходство их электронной структуры со структурой радикалов. Для радикальных р-ций типичны линейные зависимости логарифма константы скорости отрыва от энергии разрываемой связи.

Внутримолекул. р-ции отрыва атома водорода характерны для карбонильных соед. с достаточно длинными (более двух атомов углерода) заместителями:

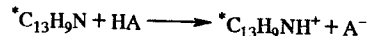


Промежут. бирадикал распадается на два непредельных фрагмента — олефин и енол, последний затем изомеризуется в кетон. Эта р-ция носит назв. р-ции Норриша II, в отличие от р-ции Норриша типа I, заключающейся в фотодиссоциации (предиссоциации) по связям, примыкающим к карбонильной группе:



Образующийся в р-ции Норриша типа II промежуток. бирадикал может не только распадаться, но и циклизироваться, приводя к образованию замещенного циклобутанола.

Широко распространены также р-ции присоединения протона к таким основаниям (напр., к акридину), у к-рых при переходе в возбужденное состояние значительно увеличивается основность:



Лит. см. при ст. Фотохимия.

М.Г. Кузьмин.

ФОТОХИМИЧЕСКОГО ПОСЛЕДСТВИЯ МЕТОД, используется для исследования механизмов радикальных фотохим. р-ций. Основан на том, что при фотохим. инициировании квазиравновесная концентрация активных центров и постоянная скорость р-ции устанавливаются через нек-рое время после начала инициирования. Время жизни τ наиб. долгоживущего центра определяют по кривой зависимости концентрации C прореагировавшего после начала инициирования в-ва от времени инициирования. Для этого экстраполируют прямолинейный участок на кривой к $C = 0$. Если гибель активного центра R происходит в результате р-ции первого порядка со скоростью, равной $k'_t[A][R]$, где k'_t — константа скорости, $[A]$ — концентрация акцептора своб. радикалов, то $\tau = 1/k'_t$. Если же активный центр погибает в результате бимолекулярной р-ции со скоростью, равной $2k_t[R]^2$, где k_t — константа скорости, то $\tau = (2\nu k_t)^{-1/2}$, где ν — скорость инициирования. Значения τ и k'_t (или k_t) определяют независимым способом, измеряя кол-во в-ва, прореагировавшего после прекращения инициирования. Метод позволяет определять $\tau \geq 3$ с, что соответствует значениям $k_t < 10^3$ л/(моль·с). Применяют для изучения гл. обр. полимеризации и окисления.

Лит.: Эмануэль Н.М., Денисов Е.Т., Майзус З.К., Цепные реакции окисления углеводородов в жидкой фазе, М., 1965. Е.Т. Денисов.

ФОТОХИМИЯ, наука о хим. превращениях в-в под действием электромагн. излучения — ближнего ультрафиолетового (~100–400 нм), видимого (400–800 нм) и ближнего инфракрасного (0,8–1,5 мкм).

Исследования хим. действия излучения на разл. в-ва и попытки его теоретич. истолкования начинаются с кон. 18 в., когда Дж. Сенеби высказал предположение о том, что необходимая для достижения определенного хим. эффекта продолжительность действия света обратно пропорциональна его

интенсивности. В 19 в. параллельно происходило открытие новых р-ций орг. и неорг. в-в под действием света и физ.-хим. исследование механизма и природы фотохим. р-ций. В 1818 П. Гротгус отверг гипотезу о тепловом действии света, предположил аналогию в действии на в-во света и электричества и сформулировал принцип, согласно к-рому причиной хим. действия м. б. только тот свет, к-рый поглощается в-вом (закон Гротгуса). Дальнейшими исследованиями было установлено, что кол-во продукта фотохим. р-ции пропорционально произведению интенсивности излучения на время его действия (Р. Бунзен и Г. Роско, 1862) и что необходимо учитывать интенсивность только поглощенного, а не всего падающего на в-во излучения (Я. Вант-Гофф, 1904). Одно из важнейших достижений Ф. — изобретение фотографии (1839), основанной на фотохим. разложении галогенидов серебра.

Принципиально новый этап в развитии Ф. начался в 20 в. и связан с появлением квантовой теории и развитием спектроскопии. А. Эйнштейн (1912) сформулировал закон квантовой эквивалентности, согласно к-рому каждый поглощенный в-вом фотон вызывает первичное изменение (возбуждение, ионизацию) одной молекулы или атома. Вследствие конкуренции хим. р-ций возбужденных молекул и процессов их дезактивации, а также обратного превращения нестабильных первичных продуктов в исходное в-во, хим. превращения претерпевает, как правило, лишь нек-рая доля возбужденных молекул. Отношение числа претерпевших превращения молекул к числу поглощенных фотонов наз. квантовым выходом фотохим. р-ции. Квантовый выход, как правило, меньше единицы; однако в случае, напр., цепных р-ций он может во много раз (даже на неск. порядков) превышать единицу.

В России важное значение имели в нач. 20 в. работы П.П. Лазарева в области фотохимии красителей и кинетики фотохим. р-ций. В 40-е гг. А.Н. Терениным была высказана гипотеза о триплетной природе фосфоресцентного состояния, играющего важную роль в фотохим. р-циях, и открыто явление триплет-триплетного переноса энергии, составляющее основу одного из механизмов фотосенсибилизации хим. р-ций.

Использование достижений квантовой химии, спектроскопии, хим. кинетики, а также появление новых эксперим. методов исследования, в первую очередь методов изучения очень быстрых (до 10^{-12} с) процессов и короткоживущих промежут. в-в, позволило развить детальные представления о законах взаимод. фотонов с атомами и молекулами, природе возбужденных электронных состояний молекул, механизмах фотофиз. и фотохим. процессов. Фотохим. р-ции протекают, как правило, из возбужденных электронных состояний молекул, образующихся при поглощении фотона молекулой, находящейся в основном (стабильном) электронном состоянии. Если интенсивность света очень велика [более 10^{20} фотонов/(с·см²)], то путем поглощения двух или более фотонов могут заселяться высшие возбужденные электронные состояния и наблюдаются двух- и многофотонные фотохим. р-ции (см. *Двухквантовые реакции. Многофотонные процессы*). Возбужденные состояния не являются лишь «горячей» модификацией их основного состояния, несущей избыточную энергию, а отличаются от основного состояния электронной структурой, геометрией, хим. св-вами. Поэтому при возбуждении молекул происходят не только количественные, но и качеств. изменения их хим. поведения. Первичные продукты р-ций возбужденных молекул (ионы, радикалы, изомеры и т.п.) чаще всего являются нестабильными и превращаются в конечные продукты в результате серии обычных термич. хим. р-ций.

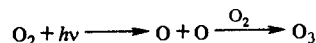
Для качеств. и количеств. исследования продуктов используют всевозможные аналит. методы, в т. ч. оптич. спектроскопию и радиоспектроскопию. Для определения дозы облучения и квантовых выходов применяют *актинометрию*. Св-ва короткоживущих возбужденных состояний обычно изучают методами оптич. эмиссионной (флуоресцентной) и фосфоресцентной) и абсорбционной спектроскопии. Особенно важное значение для исследования механизмов фотохим. р-ций име-

ют импульсные методы: *импульсный фотолит, лазерная спектроскопия* и др. (см. *Луминесцентный анализ*). Эти методы позволяют изучать кинетику первичных р-ций возбужденных молекул, нестабильные промежут. продукты и кинетику их превращений. Фотохим. методы применяют и для исследования обычных термич. р-ций радикалов, ионов и др. промежут. в-в. Важную информацию о механизмах Ф. дают радиоспектроскопич. методы, основанные на динамич. поляризации ядер и электронов (см. *Химическая поляризация ядер*).

В совр. Ф. выделяют след. разделы: Ф. малых молекул, позволяющую выявить динамику элементарного акта в возбужденных электронных состояниях молекул; орг. и неорг. Ф., изучающие фотопревращения соответствующих хим. соед. и методы фотохим. синтеза; механистич. (физ.) Ф., изучающую механизмы и кинетич. закономерности фотохим. р-ций и тесно связанная с фотофизикой, хим. кинетикой, квантовой химией, теорией строения молекул и др. разделами физ. химии.

Важные практич. применения Ф. связаны с фотографией, фотолитографией и др. процессами записи и обработки информации, пром. и лаб. синтезом орг. и неорг. в-в (фотонитрирование циклогексана с целью получения капролактама, синтез витаминов группы D, напряженных полициклич. структур и др.), синтезом и модификацией полимерных материалов (фотополимеризация, фотомодификация и фотодеструкция полимеров), квантовой электроникой (фотохим. лазеры, затворы, модуляторы), микроэлектроникой (фоторезисты), преобразованием солнечной энергии в химическую.

Фотохим. процессы играют очень важную роль в природе. Биол. *фотосинтез* обеспечивает существование жизни на Земле. Подавляющую часть информации об окружающем мире человек и большинство животных получают посредством зрения, основанного на фотозомеризации *родопсина*, к-рая запускает цепь ферментативных процессов усиления сигнала и тем самым обеспечивает чрезвычайно высокую чувствительность вплоть до регистрации отдельных фотонов. Озон образуется в верх. слоях атмосферы из кислорода под действием коротковолнового (< 180 нм) излучения Солнца по р-ции:



Он поглощает излучение Солнца в области 200–300 нм, губительно действующее на живые организмы.

Лит.: Теренин А.Н., Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений, Л., 1967; Барлтроп Дж., Коул Дж., Возбужденные состояния в органической химии, пер. с англ., М., 1978; Окабе Х., Фотохимия малых молекул, пер. с англ., М., 1981; Бугаско Л.Т., Кузьмин М.Г., Полак Л.С., Химия высоких энергий, М., 1988. М.Г. Кузьмин.

ФОТОХРОМИЗМ, индуцированное светом обратимое превращение в-ва А (фотохрома) в продукт В, отличающийся спектром поглощения (окраской) и внутр. энергией. Если В — электронно-возбужденное состояние А, говорят о физическом Ф., если же В — форма, изомерная А в основном электронном состоянии, то это — химический Ф. Большой запас внутр. энергии у в-ва В является движущей силой обратного перехода $\text{A}^* \rightarrow \text{A}$ или $\text{B} \rightarrow \text{A}$.

Фотохромные системы характеризуют спектрами поглощения А и В (или A^*), квантовым выходом перехода $\text{A} \rightarrow \text{B}$ — т. наз. светочувствительностью ф, временем темновой релаксации τ (самопроизвольного перехода $\text{B} \rightarrow \text{A}$ в отсутствие освещения), квантовым выходом фоторазложения $\Phi_{\text{фр}}$ из-за участия А, A^* , В в необратимых хим. р-циях.

Физический фотохромизм. Окрашивание в-ва или его обеспечение обусловлено квантовыми переходами между возбужденными состояниями молекул. Среда (матрица) влияет на время темновой релаксации вследствие тушения возбужденных состояний: в жидких средах τ сильно уменьшается из-за высокой скорости диффузии, в твердых телах значение τ определяется внутримолекулярными процессами перераспределения энергии между разл. видами возбуждения. Для первого синглетного возбужденного состояния S_1 время τ составляет $10^{-6} - 10^{-10}$ с, для триплетного возбужденного состояния Т время τ принимает значения от 10^{-5} до 10 с. Для наблюдения фото-

хромного эффекта на уровне S_1 требуется интенсивность облучения $10^2 - 10^5$ Э/(м²·с), 1 Э (эйнштейн) = $6,02 \cdot 10^{23}$ фотонов. Для фотохромного эффекта на уровнях T необходимы интенсивности на 5 порядков меньше. Поэтому практич. применение находят в осн. системы с триплет-триплетными переходами (T - T -поглощение, или T - T -переходы). Светочувствительность T - T -фотохромов определяется соотношением коэффициентов T - T -поглощения на длинах волн возбуждения и активации, квантовых выходами образования триплетных состояний и их дезактивации под действием света. Для повышения светочувствительности спектры T - T -поглощения не должны перекрываться со спектрами синглет-синглетного поглощения. У известных T - T -фотохромов переходы $S_1 \rightarrow S_n$ лежат в области 300–450 нм, а переходы $T_1 \rightarrow T_n$ – при 300–700 нм. Наиб. важные физ. фотохромы – конденсированные полициклич. ароматич. углеводороды, нех-рые гетероциклы и их замещенные.

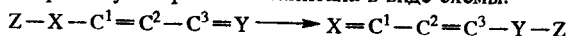
Химический фотохромизм основан на изомеризации (обычно *цис-транс*-изомеризации), таутомерных переходах, разрывах и образовании новых хим. связей, перциклич. внутри- и межмолекулярных превращениях; известны моно- и бимол. фотохромные процессы. Кроме спектров поглощения и испускания, у хим. фотохромов могут изменяться показатель преломления, диэлектрич. проницаемость, растворимость, вязкость, электрич. проводимость, фотопроводимость и др. св-ва, что определяет многообразие их практич. применения.

У фотохромных 1,2-диарилзамещенных олефинов, азосоединений, азотионов *цис*-изомер поглощает в более коротковолновой области (на 10–30 нм), чем *транс*-изомер. *цис-транс*-Изомеризация проходит через возбужденные T_1 -состояния, к-рые имеют минимум энергии при угле поворота связи $\sim 90^\circ$; *цис*- T_1 и *транс*- T_1 состояния переходят в общий T_1^* -уровень («фантом-триплет»), из него идет дезактивация в основные состояния *цис*- S_0 и *транс*- S_0 . Т. к. уровень *цис*- T_1 лежит выше по энергии, чем уровень *транс*- T_1 , то квантовый выход *транс-цис*-изомеризации зависит от τ -ры, тогда как квантовый выход *цис-транс*-изомеризации от τ -ры не зависит, т. е. переход *цис*- $T_1 \rightarrow$ *транс*- T_1 экзотермичен. В стационарном состоянии при прямом (без сенсibilизаторов) фотохромном процессе отношение концентраций *цис*- и *транс*-изомеров определяется отношением произведения коэф. поглощения *транс*-изомера при длине волны облучения на квантовый выход *транс* \rightarrow *цис* перехода к соответствующему произведению для *цис*-изомера ($\Phi_{\text{транс} \rightarrow \text{цис}} / \epsilon_{\text{цис}} \Phi_{\text{цис} \rightarrow \text{транс}}$). При сенсibilизир. Ф. в систему вводят в-во с энергией возбужденного состояния большей, чем у *транс*- и *цис*-изомеров. В этом случае в стационарном состоянии отношение концентраций *транс*- и *цис*-изомеров не зависит от коэф. поглощения и определяется отношением констант скорости процессов перехода в основное состояние *транс*- $T \rightarrow$ *транс*- S_0 и *цис*- $T \rightarrow$ *цис*- S_0 , при этом квантовые выходы связаны соотношением:

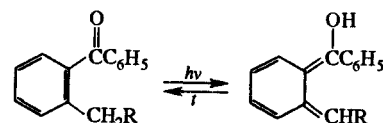
$$\Phi_{\text{цис} \rightarrow \text{транс}} + \Phi_{\text{транс} \rightarrow \text{цис}} = \Phi_{S_1 \rightarrow T_1}$$

Тиониндигиды и др. олефины с циклич. заместителями отличаются большим смещением поглощения *цис*-изомера в коротковолновую область (до 150 нм), высоким уровнем поглощения $\epsilon_{\text{цис}}$ ($\sim 5 \cdot 10^4$), большими квантовыми выходами переходов *транс* \rightarrow *цис* и *цис* \rightarrow *транс*. Главное преимущество тиониндигидов как фотохромных систем – их способность к очень большому числу циклов изомеризации (ок. 20 000), что связано с крайне низким квантовым выходом фоторазложения.

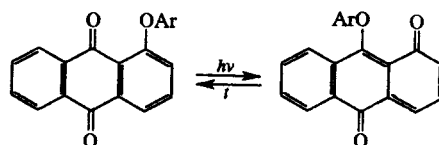
Ф. наблюдается у большого числа таутомерных систем, для к-рых фототаутомерия м. б. записана в виде схемы:



Прототропная фототаутомерия ($Z = H$) типична для α -алкиларилкарбонильных соед. ($X = C$, $Y = O$), салициланилидов ($X = O$, $Y = NR$), α -гидроксиароматич. соед. ($X = O$, $Y = Ar$) и др., напр.:



Если глубокоокрашенная форма имеет хиноидное строение, она быстро термо- или фотоизомеризуется обратно. У арилоксихинонов ($X = Y = O$, C^1, C^2, C^3 – части ароматич. или гетероароматич. ядер, $Z = Ar$) при фотоллизе происходит термообратимая фотохромная миграция арила:



В ряду бензотиофеновых производных известна фотоактилотропия ($X = O$, $Y = N$, $Z = Ac$). Перемещения Z происходят чаще всего внутримолекулярно, через трудно идентифицируемые переходные состояния. Первичные продукты могут ионизироваться, образуя окрашенные мезомерные ионы; это характерно, в частности, для нитроарил(гетарил)алканов.

Изучены фото-, термо- и сольватохромные спиропираны, содержащие 1 или 2 пирановых ядра и получаемые на основе разл. гетероциклов, производных салицилового альдегида, их аналогов и замещенных (см. *Спироединения*). Их достоинства: простота синтеза, отсутствие окраски у циклич. формы и интенсивный, часто глубокий цвет у мероцианиновой формы. При больших смещениях поглощения в коротковолновую область и высоких коэф. экстинкции эти в-ва часто отличаются большими квантовыми выходами фоторазложения, что сужает области их применения.

Аналогично спиропиранам обратимое раскрытие гетероцикла наблюдается у фотохромных хроменов, тиохроменов, селенохроменов, дигидрохинолинов. Окрашенная *орто*-хиноидная форма стабилизируется при аннелировании ароматич. цикла. Реакционноспособными у разл. соед. могут быть S_1 - и T_1 -состояния.

К бимол. Ф. относятся, напр., р-ции фотодимеризации полициклич. ароматич. соед. по *мезо*-положениям, стильбенов и их гетероаналогов, проявляющиеся как резкий гипсохромный сдвиг спектра поглощения.

Фотохромные системы используются как светофильтры, светозащитные устройства, актинометры, дозиметры, для создания рельефных и плоскостных изображений, аккумуляции солнечной энергии; на их основе созданы устройства для хранения информации.

Лит.: Барачевский В.А., Лашков Г.И., Цехомский В.А., Фотохромизм и его применение, М., 1977; Фотохимические процессы в слоях, под ред. А.В. Ельцова, Л., 1978; Органические фотохромы, под ред. А.В. Ельцова, Л., 1982; Photochromism: molecules and systems, eds. H. Dürr, T.H. Bouas-Lauren, Amst., 1990.

А.В. Ельцов.

ФОТОЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ (ФЭС), метод изучения электронного строения в-ва, основанный на явлении фотоэффекта с использованием УФ излучения. При поглощении фотона атомом среды испускается электрон (фотоэлектрон), причем энергия фотона $h\nu$ (ν – частота излучения, h – постоянная Планка) за вычетом энергии связи $E_{\text{св}}$ электрона передается фотоэлектрону и м. б. измерена как его кинетич. энергия $E_{\text{кин}}$:

$$E_{\text{св}} = h\nu - E_{\text{кин}}$$

Ф. с. и рентгеноэлектронную спектроскопию иногда объединяют общим названием «электронная спектроскопия». Разделение между двумя методами условно: при $h\nu \leq 60$ эВ говорят о Ф. с., при больших $h\nu$ – о рентгеноэлектронной спектроскопии.

В Ф. с. используют монохроматич. излучение He(I) или He(II), энергия фотона соотв. 21,2 и 40,8 эВ; реже применяют резонансные линии излучения др. инертных газов и монохроматизир. синхротронное излучение. Энергетич. спектры фо-

тоэлектронов измеряют в фотоэлектронных спектрометрах, осн. элементы к-рых – источник излучения, электростатич. анализатор энергии электронов $E_{\text{кин}}$ и детектор электронов для измерения интенсивности полос фотоэлектронного спектра, к-рая пропорциональна содержанию соответствующего элемента в образце. Разрешающая способность (ширина полос) составляет от 10 до 80 мэВ, точность определения $E_{\text{кин}}$ достигает 10–25 мэВ.

Ф. с. позволяет изучать электронные и колебат. уровни энергии молекул, *потенциалы ионизации* (как вертикальные, так и адиабатические), поверхностные эффекты и др. характеристики. Колебат. структура фотоэлектронных спектров хорошо проявляется у сравнительно простых двухатомных молекул, к-рые м. б. представлены моделью двух взаимодействующих точечных масс m_1 и m_2 [приведенная масса $M = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$] с равновесным расстоянием между ними r (длина связи) и гармонич. силовой постоянной K (см. *Колебательные спектры*). Согласно классич. механике, частота колебаний ω_n атомных ядер ионизированной молекулы, рассчитываемая по данным ИК спектров, связана с M и K соотношением:

$$\omega_n = 1/2\pi \sqrt{K/M}.$$

Если фотоэлектрон удаляется со связывающей мол. орбитали, величина K меньше, а если с разрыхляющей орбитали – больше, чем значение, к-рое входит в аналогичное соотношение для неионизир. молекулы, следовательно, Ф. с. позволяет установить характер мол. орбиталей, если сравнить фотоэлектронную частоту ω_n с частотой колебаний ω_n для неионизированной (свободной) молекулы.

Значения ω_n и ω_n связаны с адиабатич. (I_a) и вертикальным (I_b) потенциалами ионизации соотношением:

$$I_b - I_a = 1,2(\omega_n/\omega_n - 1).$$

Разница величин ($I_b - I_a$) м. б. использована в случае несложных 3- или 4-атомных молекул для расчета изменений меж-атомного расстояния Δr и валентного угла $\Delta\theta$, обусловленных фотоионизацией:

$$(\Delta r)^2 = r^2(\Delta\theta)^2 = 0,543(I_b - I_a)M^{-1}\omega_n^{-2}.$$

(Δr и r указаны в \AA , M – в атомных единицах массы, ω_n – в 1000 см^{-1}).

Измерения энергий связи валентных электронов молекул в газовой фазе позволяет проверить точность теоретич. расчетов, установить закономерности электронного строения молекул в изовалентных, изовалентных и т. п. рядах, выявить влияние заместителей, установить их донорно-акцепторные св-ва. Фотоэлектронные спектры известны примерно для 10 000 своб. молекул.

Для твердых тел Ф. с. позволяет определить положение уровня Ферми и распределение электронной плотности. При изучении адсорбции м. б. установлены: характер присоединения молекулы к пов-сти (физ. адсорбция или хемосорбция), природа взаимод. молекулы с пов-стью, роль в этом взаимод. разл. мол. орбиталей. Важная характеристика – угловая зависимость фотоэлектронного спектра, т. е. изменение интенсивности полосы при изменении угла α между направлением фотонов и нормалью к пов-сти, а также угла β между нормалью к пов-сти и направлением вылета фотоэлектронов. Установлено, напр., что молекула СО присоединяется по граням (111) кристаллов Pt и Pd таким образом, что ось СО располагается вертикально, а при адсорбции по грани Pt (110) ось СО отклонена от нормали к пов-сти на угол 26° .

Относит. интенсивности полос фотоэлектронных спектров позволяют качественно судить о составе атомных орбиталей, линейная комбинация к-рых образует данную мол. орбиталь (см. *ЛКАО-приближение*). Интенсивность полосы $I_{\text{МО}}$, связанной с нек-рой мол. орбиталью, определяется интенсивностями полос $I_{\text{АЛ}}$, связанных с атомными орбиталями АЛ , и заселенностями этих орбиталей $P_{\text{АЛ}}$ (по Малликену):

$$I_{\text{МО}} = \sum_{(\text{А})} I_{\text{АЛ}} P_{\text{АЛ}}.$$

Интенсивности $I_{\text{АЛ}}$ зависят от энергии фотона $h\nu$, поэтому по изменению $I_{\text{МО}}$ можно качественно судить об участии разл.

АЛ в образовании данной мол. орбитали. Напр., для 3d-орбитали Ni интенсивность полосы $I_{\text{АЛ}}$ возрастает более чем в 10 раз при переходе от излучения He(I) к излучению He(II) , поэтому рост интенсивности полосы для изучаемого электронного уровня молекулы указывает на значит. вклад 3d-орбиталей в волновую ф-цию данного состояния.

Лит.: Нефедов В.И., Вовна В.И., *Электронная структура химических соединений*, М., 1987; ил же, *Электронная структура органических и элементоорганических соединений*, М., 1989; Вовна В.И., *Электронная структура органических соединений по данным фотоэлектронной спектроскопии*, М., 1991.

В.И. Нефедов.

ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЯ, изучает процессы взаимного преобразования световой и электрич. энергии в системе электрод – электролит. Наиб. распространены процессы преобразования энергии света в хим. и электрич. энергию, сопровождающиеся протеканием фототока в цепи освещаемой электрохим. ячейки, т. е. фотоэлектрохим. р-ции. Обратный процесс – испускание света при прохождении электрич. тока через ячейку – может иметь природу электрохемилюминесценции, газового разряда в зазоре между электродом и электролитом и т. д. В широком смысле Ф. включает описание любых изменений на границе раздела электрод – электролит при освещении, в т. ч. и в отсутствие тока, напр. возникновения фотопотенциала и фотоэмиссии идеально поляризуемого электрода (см. *Двойной электрический слой*).

Протекание фототока в электрохим. цепи м. б. вызвано фотовозбуждением электрода или р-ра электролита. При поглощении квантов света образуются первичные возбужденные состояния электронов, ионов или молекул, обычно короткоживущие; далее они вступают в необратимые хим. и электрохим. взаимод., заканчивающиеся образованием стабильных продуктов фотоэлектрохим. р-ций. Частицы стабильных продуктов запасают в себе, по крайней мере, часть первоначально поглощенной энергии света, другая часть расходуется (инактивируется) в ходе обратных р-ций, рекомбинации и т. п., причем поглощенная энергия света превращается в тепло.

В случае металлич. электрода фотовозбуждение обусловлено переходом поглотивших квант света валентных электронов на более высокие энергетич. уровни. Возбужденные электроны с энергией, превышающей работу выхода из металла, и имеющие отличный от нуля импульс в направлении нормали к пов-сти электрода могут покинуть металл и перейти в делокализованном состоянии в р-р, образуя ток фотоэлектронной эмиссии (фототок). Фототок I зависит от энергии кванта света $h\nu$ (h – постоянная Планка, ν – частота) и потенциала электрода E по т. наз. закону пяти вторых:

$$I \approx (h\nu - h\nu_0 - eE)^{5/2},$$

где $h\nu_0$ – работа выхода электрона из металла в р-р при $E = 0$ (ν_0 – пороговая частота фотоэмиссии), e – заряд электрона. Квантовый выход фототока, равный отношению числа электронов, перенесенных в электрохим. цепи, к числу падающих на электрод фотонов, невелик, порядка 10^{-4} ; при обычно применяемой освещенности электрода фототок составляет порядка 10^{-5} А/см^2 .

Попавшие в р-р электроны сольватируются р-рителем; сольватир. электроны вступают в хим. реакции с компонентами р-ра, восстанавливая их (напр., ион H^+ – до атомарного водорода). Продукты восстановления могут восстанавливаться далее либо окисляться обратно на пов-сти электрода в ходе «темновых» (в отсутствие освещения) электрохим. р-ций. Так, атомарный водород при положит. электродных потенциалах окисляется до H^+ , а при отрицательных превращается в H_2 . Измерение фототока лежит в основе методов исследования сольватир. электронов и продуктов их хим. р-ций.

При фотовозбуждении полупроводника электроны валентной зоны, поглотив квант света, переходят в зону проводимости, оставляя в валентной зоне положительно заряженные дырки. Электроны проводимости и дырки могут вступать в электрохим. р-ции, соотв. катодные и анодные, обуславливающие фототок. Скорость р-ций и, следовательно, фототок увеличиваются с концентрацией фотогенерир. электронов и дырок (см. *Электрохимия полупроводников*).

При поглощении квантов света ионами и молекулами р-ра электролита последние переходят в возбужденное состояние. Электродные потенциалы окислит.-восстановит. систем, в состав к-рых входят возбужденные ионы или молекулы, не совпадают с потенциалами тех же систем в невозбужденном состоянии. Поэтому при освещении могут протекать электрохим. р-ции с участием возбужденных частиц, к-рые в невозбужденном состоянии тех же частиц (как темновые процессы) не идут. Поскольку время жизни возбужденных состояний невелико (обычно не более 1 мс), в электрохим. р-циях участвуют только частицы, образованные в непосредственной близости к пов-сти электрода или адсорбированные на этой пов-сти. Так, адсорбированные на пов-сти полупроводникового электрода красители родамин Б, бенгальский розовый и др., поглощающие видимый свет и в возбужденном состоянии окисляющиеся (т. е. отдающие электрон полупроводнику), используются в качестве сенсibilizаторов, повышающих чувствительность широкозонных полупроводников (TiO_2 , ZnO) к видимому свету.

Фотолиз р-ра при его освещении приводит к образованию стабильных продуктов, в числе к-рых м.б. окислители и восстановители, способные вступить в электрохим. р-ции на электродах. В ячейке с селективными электродами, один из к-рых избирательно чувствителен по отношению к окислителю, а другой — к восстановителю, освещение р-ра генерирует ток во внеш. цепи, при этом происходит преобразование световой энергии в электрическую.

Фотоэлектрохим. ячейку характеризуют: кпд, равным отношению произведенной электрич. и(или) хим. энергии к энергии падающего (иногда — поглощенного) света, фотоэдс разомкнутой цепи и фототок короткого замыкания. Эти величины тем выше, чем большая доля первичных возбужденных состояний, образовавшихся при поглощении квантов света, избегает инактивации и вступает в полезные электрохим. р-ции. Напр., фотогальванич. ячейка, чувствительная к свету с длиной волны 450–650 нм, основана на фотовозбуждении р-ра, содержащего тиазиновый краситель тионин и Fe^{2+} . Возбужденный светом тионин окисляет Fe^{2+} до Fe^{3+} , сам при этом восстанавливаясь. Далее Fe^{3+} восстанавливается на одном из электродов ячейки, а восстановленная форма тионина окисляется на другом, при этом в р-ре регенерируются исходные в-ва. Такая электрохим. ячейка имеет кпд ок. 0,1%.

Фотоэлектрохим. р-ции используют для травления полупроводниковых материалов. Поскольку скорость анодного травления увеличивается с ростом интенсивности освещения, неравномерное освещение полупроводникового анода позволяет вытравливать на его пов-сти заданный рельеф. Напр., травлением GaAs , GaSb и др. в интерферирующих лазерных пучках получают дифракционную решетку с разрешением до 6000 линий/мм.

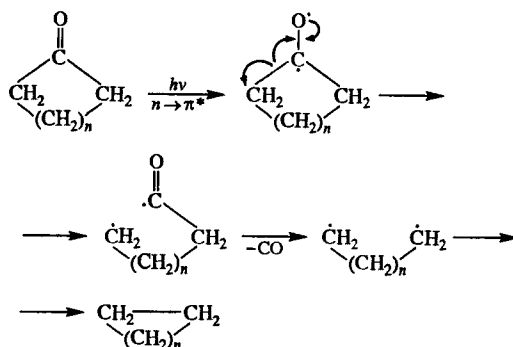
Достижения Ф. позволяют реализовать прямое преобразование солнечной энергии в хим. энергию продуктов фотоэлектрохим. р-ций и энергию электрич. тока. Фотоэлектрохим. элементы для преобразования солнечной энергии делятся на элементы для фотоэлектролиза и элементы для произ-ва электрич. энергии (т. наз. жидкостные солнечные батареи). Так, для фотоэлектролиза воды служит ячейка с кислым электролитом и фотокатодом из InP (полупроводник р-типа), на пов-сть к-рого нанесен микроосадок Pt или Rh для повышения электрокаталитич. активности. При освещении на InP выделяется H_2 ; кпд преобразования солнечной энергии в химическую составляет 6–8%. Примеры «жидкостных солнечных батарей»: элемент с фотокатодом из GaAs n-типа и щелочным р-ром $\text{K}_2\text{Se} + \text{K}_2\text{Se}_2$, элемент с фотокатодом из CuInSe_2 и р-ром $\text{KI} + \text{KI}_3 + \text{HI}$; их кпд достигает 12–15%. Наиб. эффективные полупроводниковые фотоэлектроды изготавливают из кремния, фосфида индия, арсенида галлия, теллурида и селенида кадмия.

Лит.: Гуревич Ю.Я. [и др.], в кн.: Итоги науки и техники, сер. Радиационная химия. Фотохимия, т. 1, М., 1978; Гуревич Ю.Я., Плесков Ю.В., Фотоэлектрохимия полупроводников, М., 1983; Плесков Ю.В., Фотоэлектрохимическое преобразование солнечной энергии, М., 1990. Ю.В. Плесков.

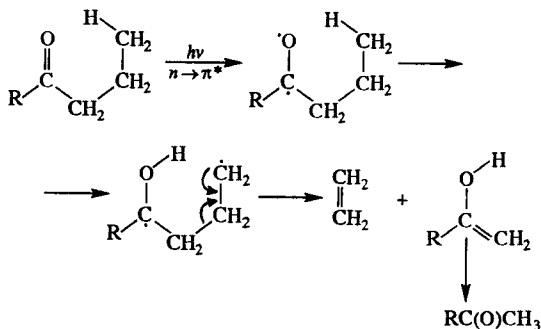
ФОТОЭМУЛЬСИОННЫЕ МИКРОКРИСТАЛЛЫ, см. Фотографические эмульсии.

ФРАГМЕНТАЦИИ РЕАКЦИИ (от лат. fragmentum — кусок, осколок). Общепринятое определение термина «Ф.р.» отсутствует. Наиб. часто под Ф.р. понимают: 1) распад по неск. конкурирующим направлениям мол. ионов орг. и элементорг. соед., образующихся в камере масс-спектрометра в условиях электронного удара в газовой фазе (см. Масс-спектрометрия).

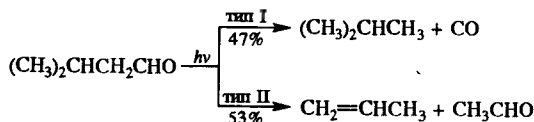
2) Фотохим. расщепление карбонильных соед. в газовой фазе с элиминированием CO (р-ция Норриша, тип I):



В жидкой фазе карбонильные соед. элиминируют олефины (р-ция Норриша, тип II); р-ция протекает через стадию миграции γ -H-атома к атому кислорода возбужденной карбонильной группы; образующийся енол затем изомеризуется в кетон, напр.:

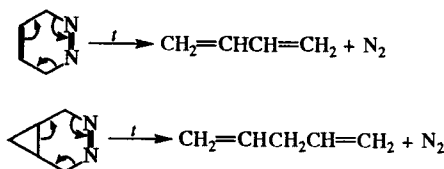


В нек-рых случаях наблюдаются одновременно оба типа превращения, напр.:



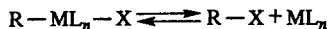
В газовой фазе фотохим. фрагментация по р-ции Норриша типа II сопровождается *Мак-Лафферти перегруппировкой*.

3) Расщепление циклов (обычно в условиях пиролиза) с образованием т. наз. малых молекул (CO , CO_2 , $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, N_2 и др.), отличающихся значительной термодинамич. устойчивостью (циклофрагментация, циклораспад), напр.:



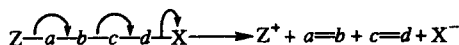
В случае соед. с четным числом атомов в цикле подобные р-ции обратны р-циям *циклоприсоединения*, напр. ретродиеновый синтез (см. *Диеновый синтез*); в случае соед. с нечетным числом атомов в цикле — обратны хелетропному циклоприсоединению (см. *Хелетропные реакции*).

4) Распад молекул металлоорг. соед. с образованием восстановленных металлосодержащих частиц (восстановит. фрагментация, или элиминирование, обозначается F_{red}), напр.:



Процессы подобного типа исключительно важны в гомогенном *металлокомплексном катализе* с участием Ni, Pd, Pt, Rh и др.

5) Гетеролитич. (или ионные) р-ции отщепления общего вида (символ F):

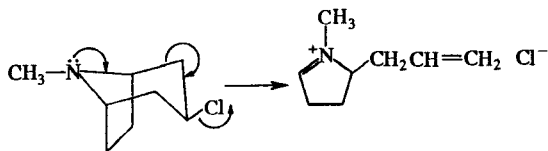


От обычных р-ций элиминирования они отличаются тем, что катионоидной уходящей группой Z^+ м.б. не только протон (см. *Элиминирование реакции*), но и более сложные группировки, а непредельными фрагментами — олефины, ацетилены, а также их гетероаналоги. Комбинации группировок в соед. могут быть самыми разнообразными (табл.).

ОСНОВНЫЕ ФРАГМЕНТЫ СОЕДИНЕНИЙ, СПОСОБНЫХ К ГЕТЕРОЛИТИЧЕСКОЙ ФРАГМЕНТАЦИИ

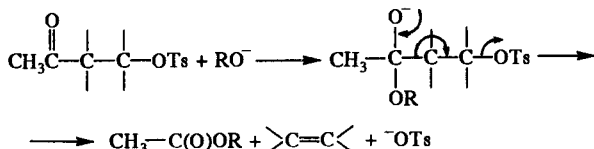
Z (катионоидные уходящие группы)	a-b, c-d (центральные фрагменты)	X (анионоидные уходящие группы)
H, CR ₃ , R _n M, RC(O) и др., R ₂ N ⁺ -CR ₂	R ₂ C=CR ₂ , RC=CR, R ₂ C=NR, R ₂ C=O, C(O)=O, RC=N, C(O), N=N, HgS и др.	Cl, Br, I, SO ₃ R, OCOR, OH ⁻ , NR ₃ ⁺ , SR ₂ ⁺ , N ₂ и др.

Своеобразный вид р-ций F -типа — фрагментация Гроба — расщепление линейных и гетероциклич. γ -аминоалкилгалогенидов, при к-ром уходящая группа $Z-a-b^+$ стабилизируется электронной парой Z атома азота, напр.:



Гетеролиз связей $Z-a$, $d-X$ и $b-c$ может осуществляться по несогласованному мономол. (F_1) и согласованному бимол. (F_2) механизмам (см. *Согласованные реакции*). При этом в р-циях типа F_2 всегда наблюдается ускорение процессов сольволиза по сравнению с сольволизом аналогичных соед., не претерпевающих фрагментацию.

В случае нек-рых электроноакцепторных π -систем Ф.р. могут быть вызваны предварит. нуклеофильной атакой:



Лит.: Ингольд К., Теоретические основы органической химии, пер. с англ., М., 1973, с. 587; Никаноров В.А. [и др.], Докл. АН СССР, 1975, т. 224, № 2, с. 343-46; Беккер Г., Введение в электронную теорию органических реакций, пер. с англ., М., 1977, с. 283; Реутов О.А. [и др.], Докл. АН СССР, 1978, т. 239, № 6, с. 1371-74; Grob C.A., Angew. Chem., 1967, № 6, р. 1.

В.А. Никаноров.

ФРАНЦИЙ (Francium) Fr, радиоактивный хим. элемент I гр. периодич. системы, ат. н. 87; относится к *щелочным металлам*. Стабильных изотопов не имеет. Известно 27 радиоактивных изотопов с мас. ч. 202-229. Наиб. долгоживущие нуклиды ^{212}Fr [$T_{1/2}$ 20 мин, α -распад (44%), электронный захват (56%)] и ^{223}Fr [$T_{1/2}$ 21,8 мин, β -распад (99,9%)], последний входит в состав прир. радиоактивного ряда актиноурана. Отношение Fr/U в земной коре $4 \cdot 10^{-16}$. Вероятная конфигурация внеш. электронных оболочек атома $5s^2 5p^6 5d^{10} 6s^2 6p^6 7s^1$; степень окисления +1; электроотрицательность по Полингу 0,7; атомный радиус 0,29 нм, ионный радиус Fr^+ 0,178 нм.

В весовых кол-вах Ф. не м.б. получен вследствие отсутствия у него долгоживущих изотопов, поэтому исследования его св-в проводят с индикаторными кол-вами ^{223}Fr (менее 10^{-15} г). По оценке для Ф.: т. пл. 18-21 °C, т. кип. 640-660 °C; плотн. 2,3-2,5 г/см³; C_p 31,6 Дж/(моль · К); $\Delta H_{\text{воз}}$ 69,1 кДж/моль. Ф. — самый электроположит. металл, аналог Rb и Cs. Хлорид, нитрат, сульфат, фторид, сульфид, гидроксид, карбонат, ацетат и оксалат Ф. хорошо раств. в воде; перхлорат, пикрат, иодат, хлороплатинат, хлоровисмутат, хлороантимонат, хлоростаннат и нитрокобальтат Ф. плохо растворимы. Ф. соосаждается с простыми и двойными солями Cs, с солями гетерополиоксидов (кремневольфрамовой, фосфоровольфрамовой, ванадиевофосфоровольфрамовой и др.); экстрагируется нитробензолом в присут. тетрафенилбората Na. Отделение от Cs и Rb проводят с помощью катионообменных смол, неорг. сорбентов и методом распределит. бумажной хроматографии.

Изотопы Ф. с мас. ч. не менее 215 образуются при расщеплении Th и U под действием облучения ускоренными протонами или дейтронами, а изотопы с мас. ч. не более 213 — при ядерных р-циях многозарядных ионов с разл. элементами. Осн. источник получения ^{223}Fr — препараты ^{227}Ac . Ф. выделяют методами соосаждения, хроматографии на орг. и неорг. сорбентах, путем электрофореза и экстракции.

По β -излучению дочернего ^{223}Fr проводят определение ^{227}Ac . ^{223}Fr используют в биол. исследованиях, в т.ч. для диагностики раковых заболеваний.

Открыта Ф. (радионуклид ^{223}Fr) М. Перей в 1938.

Лит.: Лаврухина А.К., Поздняков А.А., Аналитическая химия тех- ники, химии, промышленности и франция, М., 1966.

Б.Ф. Масюков.

ФРЕНАЛЬ, $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$ [смесь 3-(4-толил)- и 3-(2-толил)пропионовых альдегидов с преобладанием первого], мол. м. 148, 20; бесцв. или слегка желтоватая жидкость со свежим запахом, напоминающим запах арбуза; т. кип. 80-81 °C/1,5 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,999; n_D^{20} 1,5180-1,5200; раств. в этаноле, не раств. в воде. В природе не найден. Получают Ф. конденсацией $\text{CH}_2=\text{CHCN}(\text{OCSOCH}_3)_2$ с толуолом в присут. TiCl_4 с послед. гидролизом или конденсацией n -метилбензальдегида с CH_3CHO с послед. избират. гидрированием. Применяют при составлении парфюм. композиций.

Т. всп. 103 °C, т. самовоспл. 402 °C.

Л.А. Хейфиц.

ФРЕОНЫ, то же, что *хладоны*.

ФРЕТТИНГ-КОРРОЗИЯ, коррозионномех. разрушение металлич. конструкций в местах проскальзывания плотно пригнанных (прижатых друг к другу) деталей при колебаниях с малой амплитудой, вращениях, вибрациях. Ф.-к. наблюдается при разл. прессовых посадках на вращающихся валах, в местах посадки лопаток турбин, в шлицевых, шпоночных, болтовых и заклепочных соединениях. Ф.-к. подвержены металлич. канаты и канатные шкивы, контактные пов-сти подшипников качения, рессор, пружин, клапанов и толкателей, кулачковых механизмов и т.п. Совмещение коррозии с фреттингом — мех. износом двух пов-стей, имеющих малое относ. колебат. смещение, приводит к значит. повышению степени износа пов-стей и опасности локальных разрушений. Наиб. опасное последствие Ф.-к. — растрескивание деталей из-за снижения коррозионно-усталостной прочности (см. *Коррозионная усталость*).

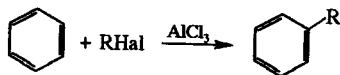
Коррозия контактных металлич. пар обусловлена изменением физ.-хим. св-в сопряженных пов-стей вследствие пластич. деформирования или относит. перемещения, разруше-

ния защитных оксидных пленок, адсорбционного взаимодействия материала со средой. Коррозионные процессы могут иметь хим. или электрохим. природу, скорость Ф.-к. определяется природой металлич. пар, коррозионной активностью среды, амплитудой проскальзывания, контактным давлением, числом и частотой циклов относит. смещения контактирующих деталей, степенью прилегания сопряженных пов-стей, т-рой в зоне контакта (см. *Коррозия металлов, Коррозия под напряжением*). Мероприятия, снижающие опасность Ф.-к., могут быть следующими: подбор материалов контактных пар; выбор оптимальных конструктивных решений; увеличение натяжения шкивов и уменьшение проскальзывания; снижение агрессивности среды (использование смазок, *ингибиторов коррозии*); создание сжимающих напряжений в поверхностных слоях деталей путем пластич. деформирования или хим.-термич. обработкой; нанесение защитных металлич. покрытий; разделение сопряженных пов-стей неметаллич. прослойками (см. *Защита от коррозии*).

Лит.: Филимонов Г.Н., Балацкий Л.Т., Фреттинг в соединениях судовых деталей, Л., 1973; Голего Н.Л., Алябьев А.Я., Шевеля В.В., Фреттинг - коррозия металлов, К., 1974; Уотерхауз Р.Б., Фреттинг-коррозия, пер. с англ., Л., 1976.

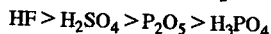
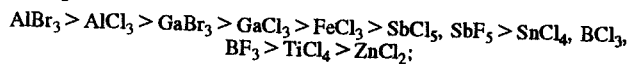
И.А. Степанов.

ФРИДЕЛЯ - КРАФТСА РЕАКЦИЯ, алкилирование и ацилирование ароматич. углеводородов (аренов) и их производных в присут. безводного $AlCl_3$ и др. кислотных катализаторов. Классич. пример Ф.-К. р. - алкилирование бензола алкилгалогенидами, представляющее собой типичное электроф. замещение в ароматич. ядре (S_E):



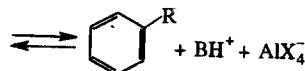
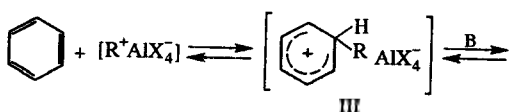
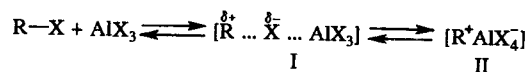
В Ф.-К. р. вступают также конденсир. ароматич. углеводороды и нек-рые гетероароматич. соед. (напр., тиофен, фуран и их производные). Р-цию проводят в р-рителе или без него в небольшом интервале т-р.

При алкилировании в качестве реагентов используют алкилгалогениды, спирты и олефины; в качестве катализаторов - к-ты Льюиса, протонные к-ты, кислотные оксиды, а также катионообменные смолы. Катализаторы алкилирования по общей активности можно примерно расположить в след. ряды:



Активность катализаторов в каждом конкретном случае зависит от природы субстрата, условий эксперимента и наличия примесей, напр. следов воды.

Механизм р-ции алкилирования предполагает, что сначала алкилгалогенид и катализатор образуют реагент (быстрая стадия), представляющий собой комплекс с переносом заряда (ф-ла I) или ионную пару (II), к-рый затем реагирует с ароматом (медленная стадия), давая соед. III; перенос протона к р-рителю приводит к продукту р-ции. При проведении процесса без р-рителя или в слабоосновном р-рителе III - конечный продукт алкилирования, он распадается лишь при разложении реакц. массы:



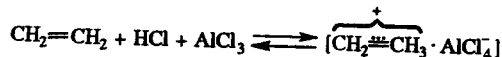
B - р-ритель

Реакц. способность алкилгалогенидов в Ф.-К. р. падает при переходе от фторидов к иодидам (CH_3I реагирует в ~200 раз быстрее, чем CH_3F) и от третичного алкила к первичному. Вводимая алкильная группа активирует бензольное ядро, что способствует дальнейшему алкилированию. Число вводимых алкильных групп определяется стерич. факторами. Для получения моноалкилпр. продуктов используют избыток арена (последний может служить р-рителем) и эффективное перемешивание.

Толуол алкилируется быстрее, чем бензол. Соотношение *орто*- и *пара*-изомеров при алкилировании толуола зависит от размера входящей алкильной группы; так, при алкилировании CH_3Br оно составляет (1,9:1), $(\text{CH}_3)_2\text{CHBr}$ - (1,2:1), $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$ - (0,82:1), при алкилировании *трет*-бутилбромидом (кат. - AlCl_3) продукт *орто*-замещения не обнаружен.

В большинстве случаев *мета*-ориентирующие заместители, напр. группа NO_2 , препятствуют алкилированию, однако р-ция все же возможна, если молекула субстрата содержит одновременно активирующую и дезактивирующую группы, как в случае *о*-нитроанизола.

Алкилирование олефинами протекает в присут. безводного HCl с образованием активного комплекса:

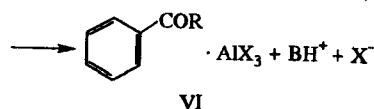
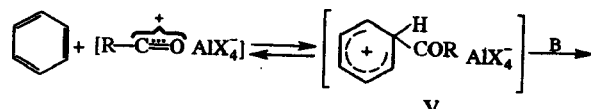
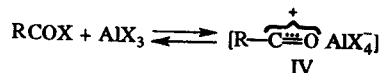


Кол-во катализатора в Ф.-К. р. зависит от алкилирующего агента: при алкилировании алкилгалогенидами и олефинами используют каталитич. кол-ва, спиртами и алкеноксидами - эквимольные; последнее условие должно соблюдаться при алкилировании аренов, содержащих в качестве заместителей группы RO , RC(O) и др., способные образовывать комплексы с AlCl_3 .

Побочные процессы при алкилировании по Ф.-К. р. - изомеризация и диспропорционирование алкильных групп в арене.

Использование вместо AlCl_3 катализаторов типа цеолитов позволяет повысить селективность Ф.-К. р. Так, при алкилировании толуола этиленом в присут. AlCl_3 - HCl образуется смесь *орто*-, *мета*- и *пара*-этилтолуолов в соотношении (11:55:34), а при проведении процесса на модифицир. цеолите ZSM-5 получают 97% *п*-этилтолуола и 3% *мета*-изомера; *орто*-изомер не образуется.

Ацилирование в условиях Ф.-К. р. проводят с помощью хлорангидридов или ангидридов карбоновых к-т. Механизм р-ции аналогичен алкилированию: на первом этапе ацилирующий агент и катализатор, к-рый в этих случаях правильнее называть реагентом, образуют ионную пару (IV), последняя с ароматом дает соед. (V); перенос протона к р-рителю приводит к устойчивому комплексу (VI), из к-рого продукт р-ции освобождается при разложении реакц. массы водой:



B - р-ритель

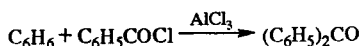
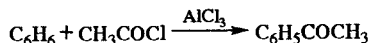
При ацилировании с помощью ангидридов карбоновых к-т связываются два моля AlX_3 . Кол-во катализатора в р-циях ацилирования, в отличие от р-ций алкилирования, должно

быть не менее, чем стехиометрическое; это связано с тем, что как ацилирующий агент, так и продукт р-ции образуют с катализатором комплексы в соотношении 1:1.

Влияние заместителей в р-циях ацилирования такое же, как для р-ций алкилирования.

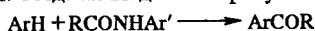
Ацилирование по Ф.- К. р., в отличие от алкилирования, приводит, как правило, к моноацильному продукту.

Ацилирование в условиях Ф.- К. р. — основной метод синтеза ароматич. и жирноароматич. кетонов; при использовании хлорангидридов дикарбоновых к-т образуются diketоны, напр.:



Частные случаи ацилирования по Ф.- К. р. — Гаттермана — Коха реакция, Фриса перегруппировка.

Модификация Вильсмайера — Хаака: ацилирование ароматич. соед. анилами в присут. $POCl_3$:



Модификация Бена: использование в качестве р-рителя при ацилировании фенолов нитробензола для обеспечения гомогенности реакц. смеси.

Модификация Ненцкого: ацилирование фенолов карбоновыми к-тами в присут. $ZnCl_2$; применение $FeCl_3$ как более мягкого катализатора.

Модификация Перрье: ацилирование с помощью предварительно приготовленного комплекса $AlCl_3$ с $RCOX$ с целью повышения выхода продуктов р-ции.

Вариант Ф.- К. р. — метод Фриделя — Крафта — Каррера — получение нитрилов взаимод. ароматич. соед. со свежеприготовленными галогенцианидами в присут. $AlCl_3$:

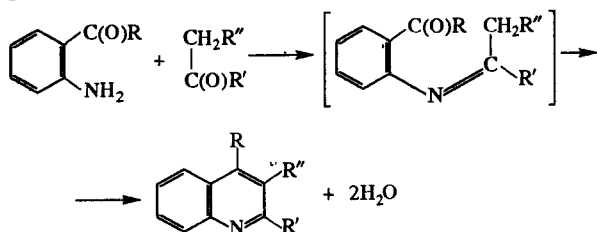


Ф.- К. р. применяют в пром-сти для произ-ва высокооктановых топлив, изопропилбензола, β-фенилэтилового спирта, бензофенона, полупродуктов для лек. в-в и синтетич. красителей.

Р-ция открыта Ш. Фриделем и Дж. Крафтом в 1877.

Лит.: Томас Ч., Безводный хлористый алюминий в органической химии, пер. с англ., М., 1949; Прайс Ч., в кн.: Органические реакции, пер. с англ., сб. 3, М., 1951; Берлинер Э., там же, сб. 5, М., 1951; Лебедев Н.Н., Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза, 2 изд., М., 1975; Friedel-Crafts and related reactions, ed. by G.A. Olah, v. 1-4, N.Y.-L., 1963-65. С.К. Смирнов.

ФРИДЛЕНДЕРА СИНТЕЗ, получение производных хинолина конденсацией ароматич. орто-аминокарбонильных соед. с в-вами, содержащими в молекуле группировку $CH_2C(O)$, напр.:



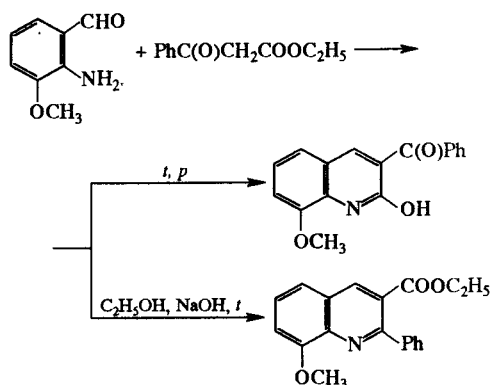
$R, R' = H, \text{Alk}, \text{Ar}, \text{OH}, \text{COOH};$

$R'' = H, \text{Alk}, \text{Ar}, \text{COOH}, \text{NO}_2, \text{OH}, \text{CN}$ и др.

Обычно смесь реагентов в этаноле нагревают неск. часов в присут. каталитич. кол-в $NaOH, KOH, K_2CO_3$ или пиперидина. Р-цию с альдегидами чаще проводят без катализатора; в нек-рых случаях (напр., при получении 2-метилхинолина) наиб. выходы достигаются при использовании кис-

лых катализаторов в отсутствие р-рителя. Р-ция не идет с 1,2-дифенилэтаном, глюкозой и леволиновой к-той. Выходы колеблются в очень широких пределах (макс. — 70–80%).

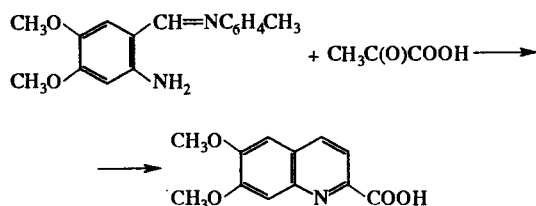
Ф. с. имеет наиб. значение для синтеза хинолинов, замещенных в пиридиновом кольце (прежде всего 3-замещенных хинолинов, к-рые трудно получить др. методами). В случае несимметричных метилкетонов группа CH_3 занимает в хинолине положение 2. В нек-рых случаях строение образующихся продуктов зависит от условий осуществления р-ции, напр.:



Осн. побочные продукты — смолы, образующиеся в результате олигомеризации исходных продуктов.

Считается, что Ф. с. включает две стадии — на первой образуется основание Шиффа, на второй происходит замыкание цикла (при этом выделяется H_2O за счет карбонильного атома О и атома Н др. компонента).

Модификация Борше — Рида: использование оснований Шиффа вместо менее устойчивых орто-аминокарбонильных соед., что особенно удобно при синтезе хинолинов, замещенных в бензольном ядре, напр.:



Ф. с. применяют в лаб. практике. Открыта П. Фридендером в 1882.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдери, пер. с англ., т. 4, М., 1955, с. 35; там же, т. 7, М., 1965, с. 171; Fergstrom F., «Chem. Rev.», 1944, v. 35, p. 151. Г.И. Дрозд.

ФРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, обладают высоким и стабильным коэф. трения и высокой износостойкостью; применяются для изготовления тормозных узлов, муфт сцепления и др. устройств, в к-рых используется сила трения.

Ф. м. сохраняют высокий коэф. трения (0,2–0,6) и миним. уровень износа (линейная интенсивность изнашивания $I = h/L = 10^{-7}$, где h — толщина истертого слоя, L — путь трения) в условиях большого диапазона скоростей скольжения, нагрузок и т-р. Характеризуются также высокой мех. прочностью, низкой склонностью к схватыванию, задиру и заеданию, хорошей и быстрой прирабатываемостью, высоким сопротивлением тепловой усталости и устойчивостью против теплового удара, возникающего в результате интенсивного выделения тепла при трении.

Различают Ф. м. для весьма легких (т-ра на пов-сти трения ниже 100 °С и т-ра в объеме тела не выше 50 °С), легких (соотв. 250 и 150 °С), средних (600 и 350 °С), тяжелых (1000 и 600 °С) и сверхтяжелых (более 1000 и более 600 °С) условий

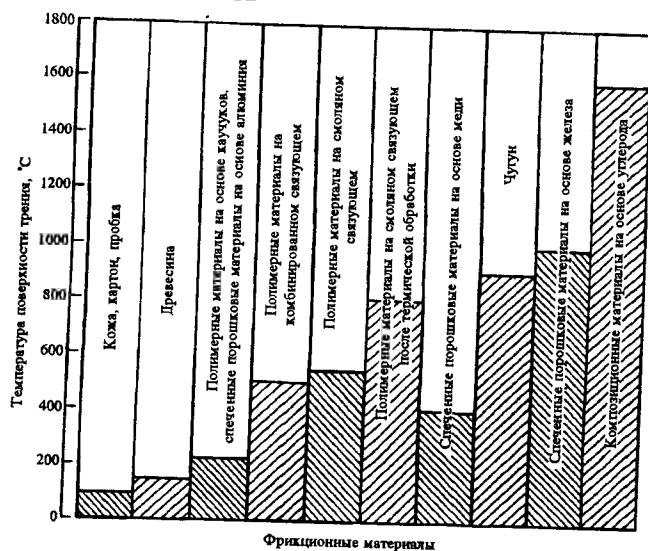


Рис. Допустимые значения средней температуры поверхности трения для разл. фрикционных материалов.

эксплуатации (рис.); работают в условиях сухого трения и в присут. смазочных жидкостей.

К металлическим Ф.м. относят чугуны и стали разл. марок. Их используют гл. обр. в незаменимых или редко заменяемых элементах тормозных и фрикц. устройств в качестве т. наз. контргел (силовые диски, барабаны, шайбы и т. п.), срок службы к-рых соизмерим со сроком службы всего тормозного механизма. При легких условиях эксплуатации металлич. Ф.м. применяют также в качестве ответных деталей (тел); наиб. распространены такие сочетания материалов, как сталь – сталь, чугун – сталь, бронза – сталь. Осн. недостатки этих Ф.м. – нестабильность коэф. трения при резком изменении т-ры, склонность к схватыванию трущихся поверхностей; они постепенно заменяются неметаллич. Ф.м.

Неметаллические Ф.м. изготавливают гл. обр. с использованием базальтовых, углеродных, кевларовых, реже асбестовых и др. высокомолекулярных волокон; связующее – каучуки, смолы и их сочетания; наполнители – кремнезем, сурик, барит, медная, латунная, бронзовая проволока или стружка, MoS_2 и др. Из-за применения полимерного связующего такие Ф.м. часто наз. полимерными. Один из лучших материалов этой группы – ретинакс, получаемый горячим прессованием в виде брикетов из асбеста, молотого барита, латуни и феноло-формальдегидной смолы; работает при т-ре на пов-сти трения выше 600 °C.

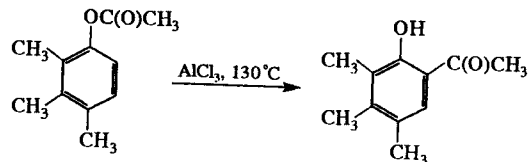
Спеченные порошковые Ф.м. получают, как правило, на медной или железной основе. В качестве наполнителей и добавок используют материалы, обеспечивающие стабильность коэф. трения (карбиды и оксиды металлов), отсутствие схватывания (графит, асбест, MoS_2 , CuS , ZnS), повышение сопротивления скольжению (Al_2O_3 , SiO_2 , BC , SiC , муллит и др.), улучшение теплового режима (цветные металлы и сплавы Sn , Pb , Zn , Al). Повышение прочности соединения наполнителей и добавок с металлом-основой достигается непосредственно в процессе спекания.

Наиб. тепло- и износостойкими Ф.м. для тяжелых и сверхтяжелых условий являются композиционные Ф.м. на основе термостойких смол с применением графита и разл. волокон, гл. обр. углеродных (см. *Композиционные материалы*). Отличит. особенность таких Ф.м. – способность работать в паре как с металлич. контргелами, так и в одноименном сочетании, напр. многослойные авиационные тормоза изготавливают из одноименной углеродной пары трения, известной в России под назв. «термар».

Лит.: Федорченко И.М., Крячев В.М., Пананоти И.И., Современные фрикционные материалы, К., 1975; Полимеры в узлах трения машин и приборов. Справочник, под ред. А.В. Чичинадзе, М., 1988; Справочник по триботехнике, под ред. М. Хейды, А.В. Чичинадзе, т. 3, М., 1992.

А.В. Чичинадзе.

ФРИСА ПЕРЕГРУППИРОВКА, превращение сложных эфиров фенолов в *орто*- или *пара*-ацилфенолы под действием к-т Льюиса, напр.:



Ф. п. проводят в орг. р-рителе (обычно в PhNO_2 , PhCl , CS_2 , $\text{Cl}_2\text{CHCHCl}_2$) или в его отсутствие (обычно, когда требуется нагревание св. 70 °C).

В качестве к-ты Льюиса обычно используют AlCl_3 (в стехиометрич. или неск. большем кол-ве), реже – TiCl_4 , SnCl_4 , FeCl_3 , ZnCl_2 . В нек-рых случаях хорошие результаты дает применение безводного HF .

В р-цию вступают эфиры одно- и многоатомных фенолов алифатич. и ароматич. карбоновых к-т. В качестве заместителей в ароматич. ядре могут присутствовать Alk , OAlk , RC(O) , Hal и др. Присутствие *мета*-ориентирующего заместителя обычно препятствует Ф.п. Алкильные группы в *орто*-положении и *пара*(*мета*)-положении способствуют миграции ацильной группы в основном соотв. в *пара*- и *орто*-положение. Нередко в жестких условиях наблюдается миграция алкильных заместителей, что обусловлено каталитич. действием к-ты Льюиса.

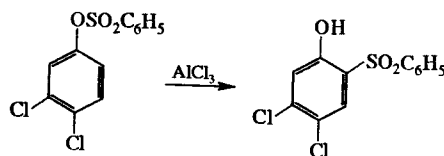
Низкие т-ры (25–60 °C) способствуют образованию *пара*-ацилфенолов, более высокие – *орто*-производных (напр., при 25 °C из *м*-крезилацетата образуется 80% *пара*-ацильного производного, а при 165 °C – 95% *орто*-замещенного продукта). Выходы конечных продуктов и соотношение образующихся изомеров колеблются в очень широких пределах и зависят как от строения сложного эфира, так и условий проведения р-ции.

Механизм Ф.п. до конца не выяснен. Предполагают, что перегруппировка идет целиком по межмол. или внутримол. механизму, либо частично по тому и др. пути. Как и в *Фридела* – *Крафтса* реакции вначале между субстратом и к-той Льюиса образуется комплекс типа $\text{R(ArO)C} = \text{O} - \text{AlCl}_3$.

Ф. п. можно осуществлять также при действии УФ облучения в отсутствие катализатора (т. наз. фотоперегруппировка Фриса). В этом случае р-ция идет по радикальному механизму (вначале образуется радикальная пара $[\text{ArO}^\bullet \text{COR}]$, стабилизированная клеткой р-рителя).

При действии трифторметансульфокислоты на арилбензоаты Ф. п. протекает обратимо (достигается равновесие). При напр. *пара*-ацилфенолов (конечных продуктов Ф. п.) с H_2SO_4 или H_2PO_4 образуются с хорошим выходом соответствующие сложные эфиры фенолов (т. наз. обратная р-ция Фриса).

В р-цию, подобную Ф.п., вступают эфиры сульфокислот, напр.:

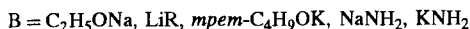
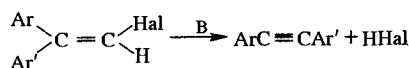


Ф.п. широко используют в синтезе фенолкетонов. Она имеет определенные преимущества перед р-цией Фриделя – Крафтса, в частности, зачастую обеспечивает более высокие выходы конечных продуктов. Перегруппировка открыта К. Фрисом и Ж. Финком в 1908.

Лит.: Бласт А., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., в. 1, М., 1948; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1987, с. 374–75.

Г.И. Дрозд.

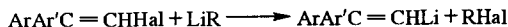
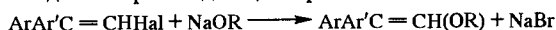
ФРИЧА – БУТТЕНБЕРГА – ВИХЕЛЛЯ РЕАКЦИЯ, превращение 1,1-диарил-2-галогенэтиленов в диарилацетилены под действием сильных оснований:



Обычно галогенэтилен раств. в орг. р-ителе (диэтиловом или петролейном эфире, ТГФ) и при охлаждении медленно смешивают с основанием, затем т-ру постепенно повышают до комнатной. Выходы достигают 60–80%.

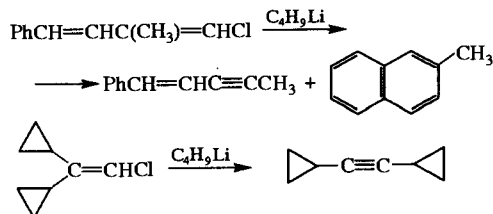
Активность галогенэтиленов в зависимости от галогена уменьшается в ряду: $\text{Br} > \text{I} \gg \text{Cl}$. Р-ция стереоселективна – преим. мигрирует арил, находящийся в *транс*-положении к атому Hal.

Осн. побочные р-ции – нуклеоф. замещение атомов Hal при действии оснований и обмен галогена на металл, характерный для Li-производных, напр.:



Механизм р-ции до конца не ясен. Установлено, что по отношению к мигрирующему арилу реализуется механизм электроф. ароматич. замещения с переходным состоянием, в к-ром ароматич. кольцо несет положит. заряд. При использовании в качестве основания LiR был выделен промежуток, продукт, к-рому приписывается структура винильного карбаниона $[\text{Ar}_2\text{C} = \text{CH}^-]$. Его разложение приводит к диарилалетилену. Видимо, в этом случае миграция арила происходит одновременно с отщеплением NaI или после его ухода.

По типу Ф.–Б.–В. р. перегруппировываются также нек-рые галогенбутadiены и дициклопропилвинилгалогениды, напр.:

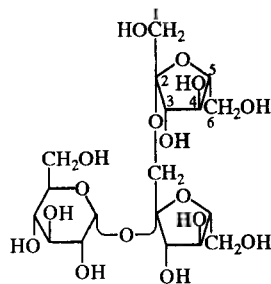


Ф.–Б.–В. р. используют в лаб. практике. Открыта П. Фричем, В. Буттенбергом и Х. Вихеллем в 1894.

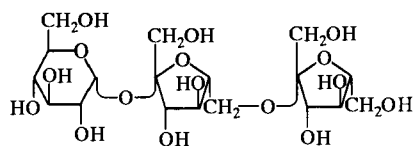
Лит.: Марч Дж., *Органическая химия*, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 150–51; Kobbich G., *«Angew. Chem. Int. Ed. Engl.»*, 1965, v. 4, № 1, p. 49–68; Chemistry of acetylenes, ed. H.G. Viehe, N.Y., 1969, p. 117–22, 131–34. Г.И. Дрозд.

ФРУКТАНЫ, полисахариды, построенные из остатков D-фруктозы; найдены в высш. растениях, зеленых водорослях и бактериях.

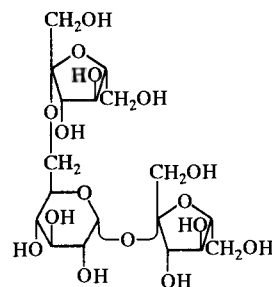
Ф.– продукты фруктозилирования сахарозы, поэтому каждая их молекула содержит один остаток D-глюкозы и лишена восстанавливающих св-в (см. *Олигосахариды*). В образовании гликозидных связей Ф. участвуют только первичные группы OH, а все остатки фруктозы имеют фуранозную форму и β-конфигурацию гликозидного центра (см. *Моносахариды*). Поскольку молекула сахарозы содержит три первичных гидроксильных, возможны три разл. трисахарида (ф-лы I–III), к-рые являются родоначальниками трех типов Ф.



I, 1-Кестоза (изокестоза)



II, 6-Кестоза



III, Неокестоза

Последоват. присоединение остатков β-D-фруктофуранозы к 1-кестозе связями 2 → 1 дает инулин, а к фруктозному остатку 6-кестозы связями 2 → 6 – флейн (в растениях) и леван (в бактериях); полисахариды на базе неокестозы содержат связи 2 → 1 между остатками β-D-фруктофуранозы, но встречаются редко. Кроме линейных, в растениях широко распространены разветвленные Ф., в к-рых к главным цепям инулинового типа присоединены боковые цепи связями, характерными для флейна, или к главным цепям флейнового типа присоединены боковые цепи связями, характерными для инулина.

Все Ф. легко раств. в горячей воде. Для их очистки используют повышенную р-имость Ф. в водно-этанольных смесях по сравнению с др. полисахаридами, осаждение с помощью Ba(OH)_2 , с к-рыми Ф. дают нераств. комплексы, и хроматографич. методы. Инулин мало раств. в холодной воде и м.б. очищен по методике, напоминающей перекристаллизацию. Ф. чрезвычайно лабильны в кислой среде и могут разрушаться даже при кратковременном нагревании с разб. (порядка 0,01 М) к-тами. Для характеристики хим. строения Ф. используют метод метилирования и ЯМР¹³C.

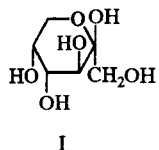
Биосинтез Ф. тесно связан с метаболизмом сахарозы, к-рая служит как донором, так и акцептором остатков β-D-фруктофуранозы. В клетках растений Ф. накапливаются в вакуолях и выполняют роль резервного материала (источник фруктозы), осморегулятора и антифриза. Содержание Ф. доходит до 30% от сухой массы в листьях, а в специализир. запасочных органах (корневищах, клубнях и луковичах) может превышать 60%.

Ф.– легкоомобилизуемый источник энергии, к-рый используется в начальный период развития побегов и листьев или для восстановления нормального метаболизма после повреждения надземной части растения в результате заморозков, поедания травоядными животными или скашивания. Сравнительно низкомолекулярные инулины (степень полимеризации не выше 100, обычно 30–60), широко распространены в сложноцветных; сходные Ф. продуцируются штаммами бактерий *Streptococcus mutans*. Более высокомолекулярные флейны и Ф. смешанного типа (степень полимеризации до 300–400) характерны для однодольных растений. Леваны образуются многими грамположит. и грамотрицат. бактериями.

Ф. пока не нашли широкого практич. использования, но растит. сырье, богатое Ф., может служить источником получения D-фруктозы. Многие растит. Ф. проявляют иммуномодулирующую, противоопухолевую и противовоспалит. активность.

Лит.: Meier H., Reid J.S.G., *Encyclopedia of plant physiology*, New ser., v. 13A, eds. F.A. Loewus, W. Tanner, B. [a.o.], 1982, p. 435–51; Pontis H.G., Del Campillo E., *Biochemistry of storage carbohydrates in green plants*, eds. P.M. Dey, R.A. Dixon, L., 1985, p. 205–27. А.И. Усов.

ФРУКТОЗА (арабино-гексулоза, левулоза, фруктовый сахар), *моносахарид* из группы кетогексоз, мол. м. 180,2. В природе встречается только D-фруктоза; в кристаллич. состоянии известна β-D-фруктопираноза (ф-ла I) – гигроскопичные бесцв. призмы или иглы; т. пл. 103–105 °C (с разл.); $[\alpha]_D^{20} -132,2^\circ \rightarrow -92,4^\circ$ (концентрация 4 г в 100 мл H₂O; показатель меняется в результате *мутаротации*); хорошо раств. в воде, заметно раств. в метаноле, этаноле, пиридине, ацетоне, ледяной уксусной к-те; безводная форма устойчива выше 21,4 °C, ниже 20 °C известны полу-гидрат и дигидрат; кристаллизуется из метанола. В водном р-ре Ф. существует в виде смеси таутомеров, в к-рой содержится до 15% фуранозной формы и значит. кол-во ациклич. формы.



I

Ф. дает общие р-ции на кетозы, проявляет восстанавливающие св-ва, образует ряд характерных производных благодаря карбонильной группе, в частности фенилозонам (II), идентичный фенилозонам глюкозы и маннозы. При восстановлении карбонильной группы Ф. образуются *сорбит* и *маннит*. Ф. не устойчива в щелочах и к-тах и может полностью разрушаться в условиях кислотного гидролиза полисахаридов или гликозидов (напр., при нагр. с 2 н. H₂SO₄ при 100 °C в течение неск. ч), при к-ром обычные альдозы не подвергаются деструкции.

Ф. содержится в живых организмах как в своб. виде, так и в виде эфиров фосфорной к-ты. Остатки Ф. в виде β-D-фруктофуранозы (III) входят в состав многих растит. олигосахаридов (*сахароза*, *раффиноза*, *стахиоза* и др.) и полисахаридов (растит. *фруктаны* – *инулин*, *флеин* и др., бактериальные – *леван*). В свобод. виде Ф. содержится во мн. фруктах, плодах, пчелином меде (до 50%).

Для получения Ф. осуществляют гидролиз фруктанов (напр., *инулина*) или сахарозы с помощью разб. к-т, или ферментов с послед. осаждением Ф. из водного р-ра в виде нераств. комплекса с Ca(OH)₂.

Для количеств. определения Ф. (в т. ч. в присут. др. сахаров) используют цветную р-цию, основанную на нагревании Ф. с резорцином и соляной к-той (образуется красное окрашивание; р-ция Селиванова).

Ф. обладает очень сладким вкусом (в 1,5 раза слаще сахарозы и в 2 раза слаще глюкозы), хорошо усваивается в организме и используется в качестве источника углеводов для больных сахарным диабетом.

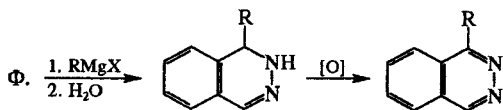
О синтезе и метаболизме Ф. см. *Глюконеогенез, Обмен веществ и Пентозофосфатный цикл*.

Лит.: *Химия углеводов*, М., 1967.

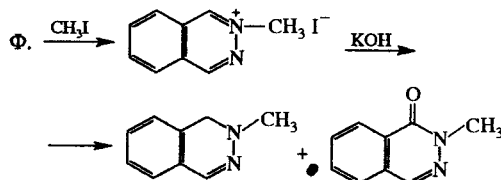
А.И. Усов.

ФТАЛАЗИН (бензо[d]пиридазин, 2,3-дизанафталин), мол. м. 130,15; бесцв. кристаллы, т. пл. 90–91 °C, т. кип. 189 °C/29 мм рт. ст.; μ 16,25·10⁻³⁰ Кл·м. Хорошо раств. в большинстве орг. р-рителей, не раств. в воде; сильное основание (pK_a 3,47).

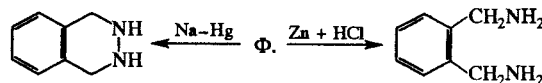
По хим. св-вам Ф. – типичный представитель π-дефицитных гетероароматич. соединений. С нек-рыми неорг. и орг. к-тами образует устойчивые одноосновные соли, напр. хлороплатинат, пикрат. Присоединяет в положения 1,2 металлоорг. соед., образуя 1-алкил- или 1-арил-1,2-дигидрофталазины, к-рые легко окисляются (напр., O₂ воздуха, K₃[Fe(CN)₆]) в 1-замещенные производные:



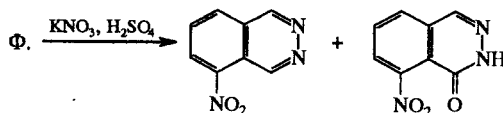
При действии на Ф. CH₃I образуется 2-метилфталазинийодид, превращающийся при обработке щелочью в смесь 2-метил-1,2-дигидрофталазина и 2-метил-1(2H)-фталазона:



Восстановление Ф. амальгамой Na приводит к 1,2,3,4-тетрагидропроизводному; в более жестких условиях происходит расщепление гетероцикла:

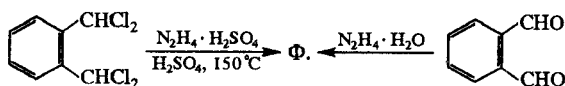


Электроф. замещение в Ф. протекает в жестких условиях по бензольному кольцу, напр.:

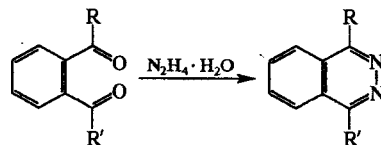


Окисление Ф. действием KMnO₄ в щелочной среде приводит к расщеплению бензольного кольца с образованием пиридазин-4,5-дикарбоновой к-ты, окисление действием H₂O₂ в CH₃COOH при 0 °C – к 2-оксиду Ф. (выход 90%). Взаимод. к-рого с POCl₃ дает 1-хлорфталазин.

Ф. получают взаимод. α,α,α',α'-тетрахлор-о-ксилола с сульфатом гидразина или конденсацией фталевой альдегида с гидразингидратом в этаноле:



Алкил- и арилпроизводные синтезируют взаимод. производных 1,2-диалкилбензола гидразингидратом:

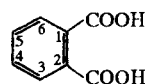


Нек-рые производные Ф. обладают хемилюминесцентными св-вами, проявляют антималярийную, противотуберкулезную и гипотензивную активность.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 160; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 160–84.

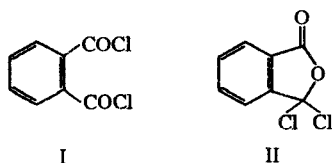
В.И. Келарев, Р.А. Караханов.

ФТАЛЕВАЯ КИСЛОТА (1,2-бензолдикарбоновая к-та, о-фталевая к-та), мол. м. 166,14; бесцв. кристаллы; т. пл. 211 °C (с разл.); d_4^{20} 1,593; C_p^0 кДж/(кг·К): 0,808 (–73 °C), 1,047 (0 °C), 1,114 (20 °C); $\Delta H_{обр}^0$ –783,02 кДж/моль, $\Delta H_{исп}^0$ 98,46 кДж/моль, $\Delta H_{пл}^0$ 52,37 кДж/моль, $\Delta H_{гор}^0$ –3224 кДж/моль; μ 7,67·10⁻³⁰ Кл·м (25 °C); pK₁ 2,95, pK₂ 5,41. Р-имость, в % по массе: в CH₃OH 18,5 (19 °C), C₂H₅OH 11,0 (19 °C), воде 0,7 (25 °C), 1,47 (45 °C), 8,33 (85 °C), 19,0 (100 °C), диэтиловом эфире 0,68 (15 °C), CH₃COOH 12,0 (100 °C), CCl₄ 0,24 (28 °C), бензоле 0,45 (28 °C), ацетоне 2,89 (28 °C).



Ф. к. обладает св-вами *бензолполикарбоновых кислот*. При нагр. или действии дегидратирующих агентов легко превра-

щается во фталевый ангидрид. При взаимодействии с PCl_5 образует фталоилдихлорид (ф-ла I), который при действии AlCl_3 перегруппировывается в изомерную несимметричную форму (II); при нагревании II легко переходит в I.



В водной нейтральной среде Ф. к. хлорируется сначала до 4-хлор-, а затем до 4,5-дихлорфталевой к-ты, при хлорировании в кислой среде дает тетрахлорпроизводное. Нитрование Ф. к. приводит к смеси приблизительно одинаковых кол-в 3- и 4-нитропроизводных. При 200°C (кат.- соли Zn , Ni , Cu) Ф. к. декарбоксилируется до бензойной к-ты, при 350°C в присут. CdO — до бензола. С основаниями Ф. к. образует соли по одной или двум карбоксильным группам, со спиртами — моно- и диэфиры; соли и эфиры Ф. к. наз. фталатами. Из эфиров наиб. практич. значение имеют *диметилфталат* и *дибутилфталат*. Калиевая соль Ф. к. при 400°C в присут. фталата Zn или Cd изомеризуется в соль терефталевой к-ты. При восстановлении Zn -пылью в CH_3COOH Ф. к. превращается в 1(3H)-изобензофуранон — *фталид*.

В природе Ф. к. содержится в зелени и семенных коробочках мака *Rapaver somniferum*.

В пром-сти Ф. к. получают в виде ее ангидрида окислением *о*-ксилола или нафталина (о получении см. *Фталевый ангидрид*).

Эфиры Ф. к. — бутил-, изобутил-, октил- и изооктилфталаты — пластификаторы полимеров, высококипящие р-рители; диметил-, диэтил- и дибутилфталаты — репелленты.

Ф. к. малотоксична; LD_{50} 7,9 г/кг (мыши, перорально).

Лит. см. при ст. *Фталевый ангидрид*.

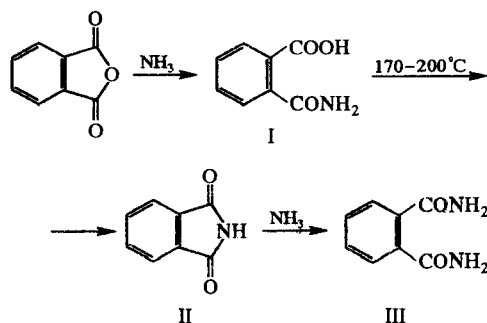
А.Г. Любарский.

ФТАЛЕВЫЕ КИСЛОТЫ (бензолдикарбоновые к-ты) $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$, мол. м. 166,13. Различают *о*-Ф. к. (*фталевая кислота*), *м*-Ф. к. (*изофталевая кислота*) и *п*-Ф. к. (*терефталевая кислота*).

ФТАЛЕВЫЙ АНГИДРИД (ангидрид 1,2-бензолдикарбоновой к-ты), мол. м. 148,12; бесцв. орторомбич. кристаллы (параметры решетки $a = 0,790$ нм, $b = 1,416$ нм, $c = 0,594$ нм); легко возгоняется, т. пл. $130,85^\circ\text{C}$, т. кип. $294,5^\circ\text{C}$; d_{20}^{20} 1,527; C_p^0 кДж/(кг·К): 1,00 (0°C), 1,07 (20°C), 1,70 (150°C); η (Па·с) 1,19 (133°C), 0,55 (220°C); γ 0,035 Н/м (155°C), 0,0327 Н/м (180°C); давление пара в мм рт. ст.: 0,0018 (35°C), 0,11 (50°C), 0,712 (100°C), 5,88 (130°C); $\Delta H_{\text{обр}}^0$ -460,02 кДж/моль, $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 22,93 кДж/моль, $\Delta H_{\text{гор}}^0$ -3259 кДж/моль; S_{298}^0 1,79 кДж/(моль·°C). Р-имость (в г на 100 г р-рителя): в HCOOH 4,7 (20°C), CCl_4 0,7 (20°C), CS_2 0,7 (20°C), пиридине 80 (25°C), воде 0,62 (25°C), 19,0 (100°C), 95,0 (135°C ; с образованием фталевой к-ты); плохо раств. в этаноле и диэтиловом эфире.

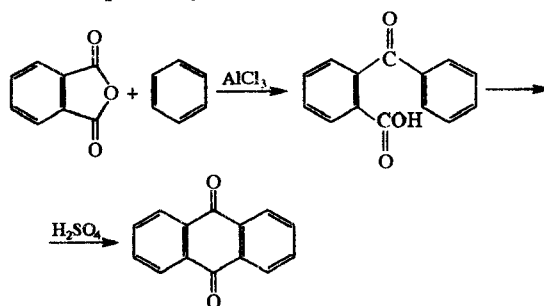
Обладает св-вами *ароматических соединений*. При нагревании с моноатомными спиртами в присут. H_2SO_4 (130 – 140°C) или орг. солей Ti (200°C) образует соответствующие сложные моно- и диэфиры, с многоатомными спиртами в присут. высоких к-т — полиэфиры (см. *Алкидные смолы*). Напр., на основе Ф. а. и диолов (этилен-, диэтиленгликоля, пропиленгликоля) получают полиэфиры; на основе Ф. а. и глицерина — алкидные (глифталевые) смолы.

Хлорирование Ф. а. приводит к ангидриду тетрахлорфталевой к-ты, из к-рого получают самозатухающие полиэфирные смолы. С PCl_5 образует фталоилдихлорид $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COCl})_2$. При нитровании Ф. а. дает смесь 3- и 4-нитрофталевых к-т, при сульфировании — смесь 3- и 4-сульфопродуктов. С NH_3 и первичными аминами в зависимости от условий р-ции Ф. а. образует фталаминовую к-ту (ф-ла I), фталимид (II) или диамид фталевой к-ты (III):



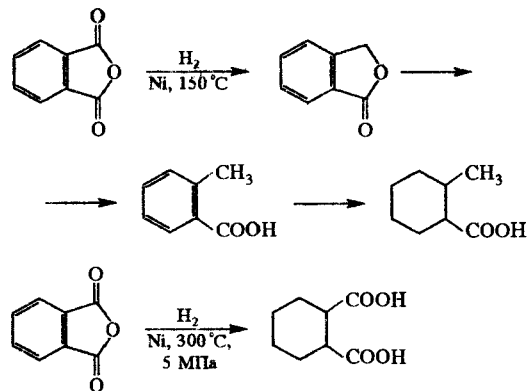
При пропускании паров Ф. а. и NH_3 при 350 – 400°C над оксидами Al , V , W , Cr или Mn получается фталодинитрил.

Конденсация Ф. а. с бензолом в присут. AlCl_3 и H_2SO_4 приводит к антрахинону:



Ф. а. легко реагирует с фенолами и их производными. Так, р-ция с фенолом в присут. H_2SO_4 и SnCl_2 приводит к *фенолфталешу*, с *м*-(этиламино)фенолом — к *родамину*, с резорцином — к *флуоресцеину* (см. *Ксантеновые красители*), с *п*-хлорфенолом — к *хинизарину*. С мочевиной и солями Cu Ф. а. образует нерастворимые пигменты *фталоцианины*, применяемые в качестве красителей. Декарбоксилирование Ф. а. при 200°C в присут. Al_2O_3 , ZnO приводит к бензойной к-те; это один из пром. способов ее получения.

Каталитич. гидрирование Ф. а. на никелевом катализаторе при 150°C приводит последовательно к фталиду, *о*-толуиловой к-те, гексагидро-*о*-толуиловой к-те; гидрирование при 5 МПа и 300°C над тем же катализатором — к гексагидрофталевой к-те:



Ф. а. при взаимодействии с KOH превращается в дикалиевую соль фталевой к-ты, к-рая при 350 – 400°C в присут. CaCO_3 и Zn изомеризуется в терефталевую к-ту.

В пром-сти Ф. а. получают парофазным каталитич. окислением кислородом воздуха *о*-ксилола или нафталина с использованием стационарных или псевдооживленных (нафталин) катализаторов на основе V_2O_5 — TiO_2 или V_2O_5 — K_2SO_4 . Процесс проводят при 350 – 400°C с избытком O_2 воздуха

(концентрация углеводорода 40–80 г/м³). Сырой Ф. а. из реакционных газов улавливают в твердом виде в аппаратах калориферного типа, очищают и выделяют ректификацией. Выход при окислении *о*-ксилола 75–80%, нафталина 85–88%.

Ф. а. применяют в произ-ве красителей, алкидных смол, пластификаторов, инсектицидов, лек. ср-в, тетрафторфталевого ангидрида. Ф. а.- реагент для обнаружения и титриметрич. определения низших первичных и вторичных алифатич. спиртов, идентификации фенолов и фенольных смол.

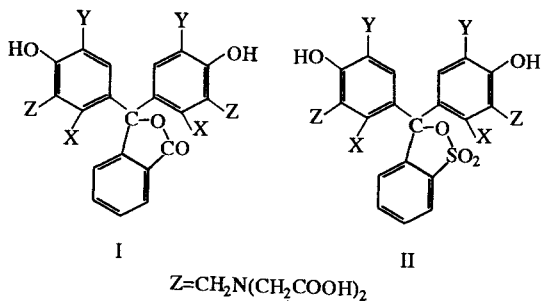
Ф. а. токсичен, вызывает раздражение кожи, слезистый оболочек глаз и носа, способствует заболеванию бронхитальной астмой. ЛД₅₀ 4 г/кг (мыши, перорально); ПДК 1 мг/м³, ПДК (в воде) 0,5 мг/л. Т. восп. 152 °С, т. воспл. 165 °С, т. самовоспл. 580–584 °С; КПВ 10,5% по объему. Объем мирового произ-ва ок. 2,5 млн. т в год (1988).

Лит.: Гуревич Д.А., Фталевый ангидрид, М., 1968; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 17, N.Y., 1982, p. 732-46.
А.Г. Любарский

А.Г. Любарский.

ФТАЛЕКСОНЫ, группа орг. соединений, включающая фта-
леинкомплексоны и сульфопталеинкомплексоны. Фталеин-
комплексоны (ф-ла I) — твердые бесцв. в-ва; гигроскопичны;
плохо раств. в воде, хорошо — в спиртах, ацетоне, водных
р-рах щелочей. Комплексонометрич. индикаторы при опре-
делении щел.-зем. металлов в щелочной среде и Fe(III), V(IV,
V) и Mo(VI) в кислой среде. Важнейшие представители: фта-
лексон (I; X = H, Y = H), крезолфталесон (I; X = H,
Y = CH₃), тимолфталесон [I; X = CH₃, Y = CH(CH₃)₂].
Сульфопталеинкомплексон (I; X = SO₃Na, Y = H).

Сульфоталейноксимплексоны (Ф-ла CH_3) — твердые яркоокрашенные в-ва; хорошо раств. в воде; гигроскопичны. Реагенты для фотометрич. определения металлов со степенью окисления больше 1, с к-рыми образуют устойчивые комплексы в кислой среде, $\epsilon_s \approx 10^4$; кислотно-основные и комплексонометрич. индикаторы. Важнейшие представители: фталексон S (II; $\text{X} = \text{H}$, $\text{Y} = \text{H}$), *ксиленоловый оранжевый* (II; $\text{X} = \text{H}$, $\text{Y} = \text{CH}_3$), *метилтиимоловый синий* (II; $\text{X} = \text{CH}_3$, $\text{Y} = \text{CH}(\text{CH}_3)_2$), *n*-ксиленолфталексон S (II; $\text{X} = \text{CH}_3$, $\text{Y} = \text{CH}_3$), *o*-хлорфталексон (II; $\text{X} = \text{H}$, $\text{Y} = \text{CH}_3$), *m*-крезолфталексон (II; $\text{X} = \text{CH}_3$, $\text{Y} = \text{H}$). Известны соед. с одной (напр., семиксиленоловый *оранжевый*, семитимолфталексон SA) и четырьмя (напр., *m*-крезолфталексон SA) метилениминодиацетатными группами. Этилендиаминтетрауксусная к-та разрушает комплексы Ф. со всеми металлами.

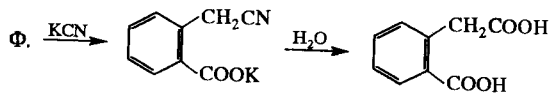
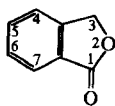


Получают Ф. по р-ции Манниха взаимод. соответствующих фталеинов или сульфотфалеинов с CH_2O и иминодиуксусной к-той.

Лит.: Фталексоны, под ред. А.И. Черкессова, Саратов, 1970; Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И., Комплексоны и комплексонаты металлов, М., 1988.

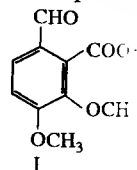
ФТАЛИД [1(3*H*)-изобензофуранон], мол. м. 134,1; бесцв. кристаллы; т. пл. 75 °С, т. кип. 290,7 °С/1 мм рт. ст. Хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, горячей воде, плохо — в холодной воде, CCl_4 .

Ф. — лактон *o*-(гидроксиметил)бензойной к-ты. При сплавлении с KCN при 190 °C превращается в раскрытием цикла в нитрил, к-рый м. б. гидролизован до (2-карбоксифенил)уксусной (гомофталевой) к-ты:

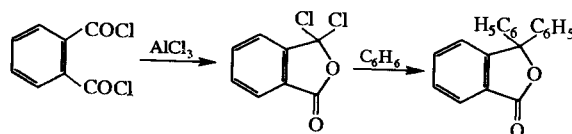


Получают Ф. восстановлением фталевого ангидрида Zn , CH_3COOH или водородом на Ni -катализаторе, а также как побочный продукт при синтезе фталевого ангидрида из фталевой к-ты.

6,7-Диметоксифталид (меконин) — бесцв. криста-
лы; т. пл. 102 °С, т. кип. 155 °С (с возг.); выделяют из опия при восстановлении алка-
лоида наркотина Zп в HCl или амальгамой
Na; м. б. получен таким же восстановлением
опиановой к-ты (фла I).

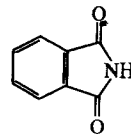


3,3-Дифенилфталид (фталофенон) – бесцв. кристаллы; т.пл. 120 °С, т.кип. 235 °С/15 мм рт. ст.; получают конденсацией фталоилдихлорида с бензолом в присут. AlCl_3 по р-ции:



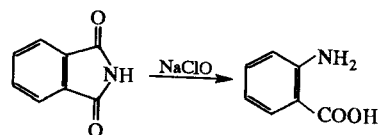
Дифенилфталид – основа структуры красителей – фталеинов. К ним относятся индикаторы – *фенолфталеин*, *крезолфталеин*, *тимолфталеин* и α -*нафтофталеин*, получающиеся конденсацией фталевого ангидрида соотв. с фенолом, *о*-крезолом, тимолом и α -нафтолом. Интервал рН изменения окраски для этих индикаторов соотв. 8,2 (бесцв.) – 9,8 (малиново-красная), 7,2 (желтая) – 8,8 (красная), 8,0 (желтая) – 9,6 (синяя) и 7,8 (розово-коричневая) – 9,0 (сине-зеленая).

ФТАЛИМИД (имид *о*-фталевой к-ты, изоптолин-1,3-дион).
 мол. м. 147,14; бесц. кристаллы; т. пл. 238 °С (с возг.);
 d_4^{20} 1,47; $\Delta H_{\text{стоп}}^0$ -3560 кДж/моль, $\Delta H_{\text{пл}}^0$
 186,7 кДж/кг; C_p 1,21 кДж/(кг·К) при 100 °С;
 μ 7,12·10⁻³⁰ Кл·м (диоксан, 30 °С); давление
 пара (Па): 10 (120 °С), 593 (180 °С), 18760
 (254 °С). Р-имость в воде (г в 100 г): 0,3
 (20 °С), 2,2 (100 °С), хорошо раств. в уксус-
 ной к-те, этаноле, водных р-рах щелочей, ки-
 пящем бензоле, не раств. в холодном бензоле, лигроине.
O=C1NC(=O)c2ccccc12

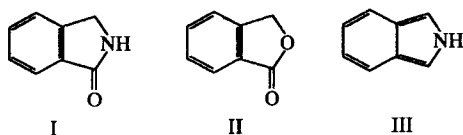


Ф. обладает св-вами, характерными для имидов дикарбоновых к-т: легко гидролиззуется при действии 25%-ного водного р-ра NaOH с образованием фталаминовой к-ты (см. *Фтале-вый ангидрид*), при алкилировании спиртами образует N-алкилзамещенные, аммонолиз приводит к диамиду фталеовой к-ты.

Ф. — слабая к-та (pK_a 9,90 при 25 °C); при взаимодействии со щелочами образует водорастворимые N-металлич. производные, из к-рых практич. значение имеет калиевая соль Ф., применяемая для получения первичных аминов и аминокислот по *Габриэля реакции*. С галогенами Ф. образует N-галогензамещенные, к-рые в присут. оснований легко претерпевают перегруппировку Гофмана. Обработка Ф. гипохлоритом Na в щелочном р-ре при 80 °C — пром. способ получения антралиновой к-ты:



При действии Sn в р-ре HCl Ф. восстанавливается до фталимида (ф-ла I); Zn пылью в щелочной среде – до фталида (II); Li -солью аланина (аланатом Li) в эфире при 25°C – в изоиндол (III).



В пром-сти Ф. получают гл. обр. взаимод. фталевого ангидрида с NH_3 . Процесс осуществляют в вертикальном трубчатом реакторе, ниж. конец к-рого герметично связан с сублимационной камерой; сверху в реактор непрерывно подают расплавленный фталевый ангидрид и избыток NH_3 , нагревают до 250–280 °С; реакционную смесь охлаждают в сублимационной камере до 170–180 °С, отделяют твердый Ф. (выход 98%, чистота продукта 99%). Другие способы получения: взаимод. фталевого ангидрида с мочевиной при 130–140 °С с послед. повышением т-ры р-ции до ~160 °С (выход 96–100%); окислит. аммонолиз *о*-ксилола в газовой фазе при 400 °С (кат. — оксиды W, Mo, P). В последнем случае продукты р-ции — Ф., диамид фталевой к-ты и фталонитрил.

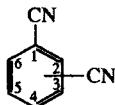
Ф. применяют в пром-сти для синтеза антрапиновой к-ты, пестицидов; N-галогензамещенные Ф. — мягкие галогенирующие ср-ва.

Т. встп. 214 °С, т. востпл. 530 °С.

Лит.: Ullmann's Enzyklopädie, 4 Aufl., Bd 18, Weinheim, 1979, S. 532–33. С.Н. Диденко.

ФТАЛОГЕНЫ, то же, что *фталоцианогены*.

ФТАЛОДИНИТРИЛЫ (дицианобензолы), мол. м. 128,13. Различают 1,2- (фталонитрил), 1,3- (изофталонитрил) и 1,4-Ф. (терефталонитрил). Все Ф. — бесцв. кристаллы. Для 1,2-Ф. т. пл. 141 °С, т. кип. 150 °С/10 мм рт. ст.; d_4^{25} 1,125, $\Delta n_{\text{тор}}$ — 4 МДж/моль; для 1,3- и 1,4-Ф. т. пл. соотв. 162 и 222 °С. 1,3- и 1,4-Ф. возгоняются, 1,2-Ф. перегоняется с водяным паром. Ф. хорошо раств. в большинстве орг. р-рителей, плохо — в воде.



По хим. св-вам Ф. — типичные ароматич. нитрилы. Подобно бензонитрилу для них характерны р-ции с участием группы CN и бензольного ядра. Так, при кипячении с водой, спиртовым р-ром KOH или HCl (150–160 °С) Ф. гидролизуются до соответствующих фталевых к-т. При электрохим. восстановлении 1,3-Ф. с высоким выходом превращается в *м*-ксилилендиамин; гидролиз 1,3-Ф. над Ni-Ренея, Pt, Pd или Al_2O_3 (60–100 °С, 10–13 МПа) в орг. р-рителях приводит к *м*-цианобензиламину. 1,2-Ф. при гидрировании в присут. NH_3 (кат. — Co, Ni) превращается в изоиндолин; взаимод. 1,2-Ф. с NaSH в смеси этанола с H_2SO_4 дает 1-имино-3-тиоксоизоиндолин. 1,4-Ф. при нагр. в присут. H_2O_2 образует диамид терефталевой к-ты, при нагр. с CH_3MgI и ледяной CH_3COOH — 1,4-диацетилбензол.

Осн. р-ции с участием бензольного кольца — нитрование и галогенирование, напр. нитрование 1,4-Ф. смесью HNO_3 и H_2SO_4 приводит к мононитропроизводному, хлорирование 1,3-Ф. — к тетрахлор-1,3-Ф. Для 1,2-Ф. характерна р-ция с солями Cu и щелочных металлов, используемая для получения *фталоцианиновых красителей*. При 320 °С в присут. воды 1,2-Ф. тримеризуется.

В пром-сти Ф. получают гл. обр. окислит. аммонолизом соответствующих ксилолов при 380–400 °С в присут. V_2O_5 ; 1,2-Ф. получают также аммонолизом фталевого ангидрида при 400 °С, кат. Cr_2O_3 . Лаб. методы получения: взаимод. дихлорбензолов с HCN при 600 °С (кат. — оксиды Al, Ni) или CuCN (240 °С); дегидратация диамидов соответствующих фталевых к-т под действием POCl_3 или P_2O_5 , а также по *Зандмейера реакции* из соответствующих аминоксидов.

1,2-Ф. — сырье в произ-ве фталоцианиновых красителей, полифталоцианинов и пестицидов; 1,3-Ф. — сырье в синтезе *м*-ксилилендиамина, промежуток. продукт в произ-ве полиамидов и полиуретанов; 1,4-Ф. — промежуток. продукт при получении терефталевой к-ты высокой чистоты.

Ф. токсичны; ЛД₅₀ (крысы, внутрибрюшинно) для 1,2-, 1,3- и 1,4-Ф. соотв. 34,5, 481,3 и 698,6 мг/кг. ПДК в воде для 1,3-Ф. 5 мг/л.

Лит.: Зильберман Е.Н., Реакции нитрилов, М., 1972; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 15, N.Y., 1981, p. 906. С.К. Смирнов, С.С. Смирнов.

ФТАЛОИЛАКРИДОНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ, см. *Полициклические кубовые красители*.

ФТАЛОЦИАНИНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ, пигменты и красители на основе фталоцианина (см. *Фталоцианины*) и его металлокомплексов; металлы-комплексобразователи — Cu (в осн.), Ni, Co.

Наиб. значение имеет фталоцианин меди — соед. синего цвета, на воздухе выдерживает нагревание до 500 °С, в вакууме — до 580 °С, не раств. в воде, жирах, большинстве орг. р-рителей, устойчив к действию конц. к-т (кроме азотной, к-рая разрушает его) и щелочей, к свету и др. Получают нагреванием смеси фталевого ангидрида, мочевины и CuCl в орг. р-рителях (трихлорбензол, нитробензол, нек-рые фракции нефти) при 200 °С и выше либо в расплаве (т. наз. сухое запекание) в присут. катализатора $[(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4]$ или As_2S_3 . Существует и другой метод синтеза — взаимод. фталонитрила с CuCl при 260–300 °С в среде тех же р-рителей или запеканием реагентов; эта р-ция протекает легко и с высоким выходом, однако в мировой практике более распространен первый метод из-за доступности сырья.

В зависимости от способа получения фталоцианина меди и последующей обработки техн. продукта получают пигменты разного оттенка и свойств. Пересаживанием из конц. H_2SO_4 получают голубой пигмент в нестабильной α -модификации, обладающий красноватым оттенком (выпускают под назв. голубой фталоцианиновый). Из-за недостаточной устойчивости к перекристаллизации и полиморфным превращениям под действием р-рителей и повышенных т-р применяется в отдельных видах полиграфич. красок, лакокрасочных и полимерных материалов.

При синтезе фталоцианина меди в присут. 4-хлорфталевого ангидрида как добавки образуется пигмент в стабильной α -модификации с зеленоватым оттенком (голубой фталоцианиновый 23У). Этот пигмент устойчив ко всем видам обработки, но в нек-рых связующих, используемых в лакокрасочной пром-сти, флокулирует, поэтому необходимо применять дефлокулянты, к-рые вводятся непосредственно в пигмент либо в композиции покрытий.

Путем пластичного помола фталоцианина меди, напр. с использованием NaCl и разл. добавок, получают пигмент в β -модификации более зеленого оттенка (голубой фталоцианиновый Б43У).

Хлорирование фталоцианина меди хлором в расплаве AlCl_3 и NaCl при ~180 °С приводит к образованию зеленого пигмента, бромирование — зеленого пигмента с желтым оттенком. В зависимости от числа атомов Cl цвет может изменяться от бирюзового до зеленого с синеватым оттенком. Эти пигменты по устойчивости не уступают голубым фталоцианиновым пигментам и используются в полиграфич. и лакокрасочной пром-сти, для крашения резины, пластич. масс и т. п. Известны пигменты, содержащие одновременно атомы Cl и Br.

Существует также пигмент зеленовато-голубой фталоцианиновый (не содержит атома металла), к-рый получают из фталонитрила действием щелочных металлов в высококипящих спиртах (амиловом, гексиловом) с последующим де-металлированием образующегося лабильного комплекса водой или к-той. При частичном хлорировании безметалльного фталоцианина образуется пигмент бирюзовый фталоцианиновый 43. Эти пигменты находят ограниченное применение.

На основе фталоцианина меди м. б. получены разл. Ф. к. Так, при его сульфировании (25%-ный олеум, 50 °С) образуется дисульфокислота, диатригвая соль к-рой наз. «прямой бирюзовый светопрочный»; используется в качестве прямого красителя для хлопка, вискозы, полушерсти и шелка; Ва-соль, осажденная на Al_2O_3 , — в качестве бирюзового пигмента в произ-ве обоев, в полиграфич. и бумажной пром-сти.

При действии на фталоцианин меди хлорсульфоновой к-ты образуется тетрасульфохлорид, при обработке к-рого аммиаком с одновременным частичным гидролизом получают краситель прямой бирюзовый светопрочный К. Последний применяют для крашения целлюлозных волокон. При взаимод. тетрасульфохлорида фталоцианина меди с 3-амино-5-сульфо-382

салициловой к-той получают краситель хромовый бирюзовый (для шерсти и шелка), а при взаимодействии с гидроклоридом 2-хлорэтиламина – краситель активный бирюзовый 23 (для хлопка).

Для получения Ф. к., очень устойчивых к мокрым обработкам, нерастворимых Ф. к. переводят в растворимые формы (см. Цианалы) либо получают Ф. к. непосредственно на волокне (см. Фталоцианогены).

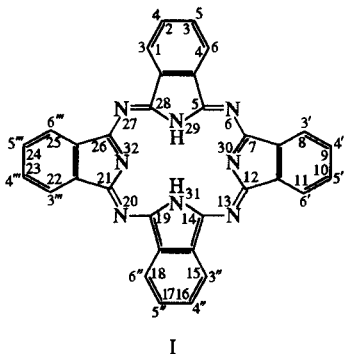
Фталоцианины других металлов используют в качестве Ф. к. весьма ограниченно. Так, сульфокислоту фталоцианина Со применяют как кубовый краситель, сульфамид фталоцианина Ni – в качестве азотола при холодном крашении.

Фталоцианиновые пигменты обладают высокой хим. стойкостью, свето- и термостабильностью, красивыми и чистыми оттенками, что делает их важнейшей группой орг. пигментов. Ф. к. (25% мирового производства) используют также в разл. областях техники: в качестве просветляющих красителей в пассивных лазерных затворах, в системах записи информации и др.

Лит. см. при ст. Фталоцианины.

М.В. Казанков.

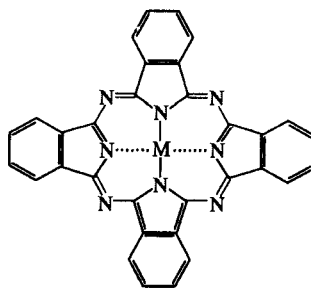
ФТАЛОЦИАНИНЫ, макрогетероциклич. соединения, содержащие цикл тетраазатетрабензопорфина; структурно родственны порфиринам. Родоначальник ряда – собственно фталоцианин (Ф-ла I). Атомы в цикле нумеруют согласно номенклатуре ИЮПАК (цифры указаны внутри кольца) или рациональной номенклатуре, учитывающей генетич. связь с производными соответствующих фталевых к-т (цифры снаружи кольца). В практически плоском цикле Ф. 4 атома N – 6, 13, 20 и 27, связывающие фрагменты изондола, наз. мезо-атомами. Число изомеров положения для Ф. определяется кол-вом и расположением заместителей в цикле, напр. Ф. с 4 одинаковыми заместителями (по 1 в каждом бензольном кольце) могут существовать в виде 4 изо-



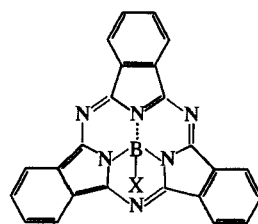
I

Ф. образуют комплексы (II) почти со всеми металлами периодич. системы. При этом гетероцикл является экваториальным лигандом, а другие связанные с атомом металла лиганды располагаются перпендикулярно плоскости цикла (занимают транс-аксиальные положения). Sn, Ce, Hf, Zr и нек-рые др. металлы способны также к образованию комплексов типа $PcMX_2$, где Pc – Ф., $X = Na$, OAc и др., и двухядерных сэндвичевых комплексов типа Pc_2M^{IV} . Прочность связи $M-X$ зависит от природы металла, в частности от величины его ионного радиуса. Среди комплексов интересны также дифталоцианины с R_3Z , содержащие в макрокольце неспаренный электрон и являющиеся стабильными своб. радикалами. Ионы B^{3+} способны к образованию тридентатного аналога фталоцианинового комплекса с осью симметрии 3-го порядка (III), а UO_2^{2+} – пентадентатного аналога с осью 5-го порядка (IV).

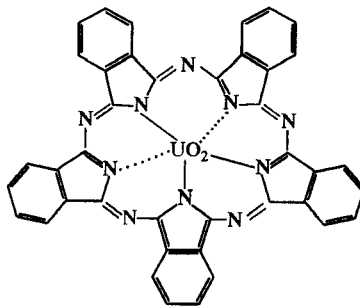
Ф. – порошки или кристаллы разл. оттенков синего или голубого цвета. При нагр. в вакууме до 350–400 °C возгоняются. Раств. в конц. H_2SO_4 , трудно раств. при нагр. в высококипящих орг. р-рителях (хлорнафталин, хинолин, трихлорбензол, нитробензол и т.п.), не раств. в воде. Наличие в



II



III



IV

бензольных кольцах Ф. объемистых заместителей, напр. трет-бутильных, триметилсилильных, мезитильных, неопентилокисильных, существенно повышает р-римость Ф. в орг. р-рителях, что облегчает изучение их св-в в р-рах.

Электронные спектры поглощения Ф. в 1-хлорнафталине, λ_{max} нм (lgε): для собственно Ф. – 698 (5,21), 665 (5,18), 638 (4,62), 602 (4,43), 350 (4,74); для Ф. меди – 678 (5,34), 648 (4,51), 611 (4,26), 350 (4,76).

Введение в бензольные кольца электронодонорных заместителей приводит к bathochromному смещению длинноволновой полосы на ~100 нм. У симметричных линейно-аннелированных нафталиновых аналогов Ф. λ_{max} 750–855 нм (в зависимости от центрального атома металла).

Ф. обладают св-вами ароматических соединений. Вступают в нек-рые р-ции электроф. замещения – галогенирование, сульфирование, хлорметилирование, нитрование. Хлорирование Ф. меди в жестких условиях, напр. в расплаве $AlCl_3$ и $NaCl$ или в смеси $SOCl_2$ и $AlCl_3$ (180 °C, 20 ч), – пром. способ получения пигмента зеленого фталоцианинового, содержащего до 15–16 атомов Cl, сульфирование – способ получения водорастворимых сульфокислот (от моно- до тетрасульфо-производных).

Комплексы щелочных и щел.-зем. металлов, а также Mn, Pb и нек-рых др. металлов в кислой среде легко деме-таллируются; наиб. устойчивы комплексы Pd, Pt, Os, Ni, Cu и др.

Собственно Ф. обладает амфотерными св-вами. Действие сильных оснований приводит к депротонированию атомов N с образованием симметричного дианиона, действие сильных к-т – к протонированию мезо-атомов N вплоть до тетрапротонирования в случае сильных к-т (конц. H_2SO_4 , хлорсульфоновая к-та, сверхкислоты на основе к-т Льюиса).

Характерное св-во Ф. – склонность к окислит.-восстановит. р-циям. При хим. или электрохим. восстановлении Ф. превращаются сначала в анион-радикал, затем в дианион и полианионы; при хим. или электрохим. окислении – в катион-радикал, затем дикатион. Сильные окислители [конц. HNO_3 , $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, соли $Se(IV)$] разрушают макрокольцо Ф. вплоть до образования фталимида. В случае Ф. нек-рых переходных металлов (Co, Mn и др.) окислит.-восстановит. р-ции могут происходить также с участием центр. атома металла.

Фталоцианиновые комплексы ряда переходных металлов (напр., Zn, Co, Fe) склонны к присоединению дополнит. лигандов в аксиальные положения с образованием комплексов типа $PcMX_2$, где $X = Hal, CN$, пиридил и т.д. С двухатомными основными типами пиразина, γ -дипиридила образуют линейные полимеры, отличающиеся металлич. проводимостью.

Собственно Ф. чаще всего получают из фталодинитрила в присут. алколюатов щелочных металлов в высококипящих спиртах с послед. демеаллированием образующегося комплекса к-той; др. способы: обработка фталодинитрила аммиаком в 2-N,N-диметиламиноэтанол или нагревание 1,3-диминоизоиндолина в том же р-рителе. Использование в этих р-циях замещенных о-фталевых к-т и их конденсированных аналогов приводит к замещенным Ф. Подобная конденсация производных тетракарбонных к-т (напр., нитрила пиромеллитовой к-ты), производных дифенил- или бензофенон-3,3',4,4'-тетракарбонных к-т – способ получения разл. олигомерных (полимерных) Ф. и их аналогов сетчатой структуры.

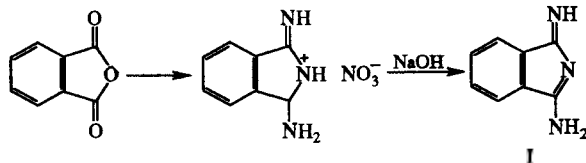
Обычный метод получения Ф. металлов – темплатная тетрамеризация о-фталодинитрила при его нагр. с соответствующими металлами или их солями. На практике часто проводят тетрамеризацию фталевого ангидрида (к-ты, имида) с мочевиной (или др. донорами NH_3) и солями металлов в присут. катализаторов $[(NH_4)_2MoO_4, H_3BO_3$ и др.] в орг. р-рителях или без них (метод запекания).

Многие Ф. металлов – *фталоцианиновые красители*, полупроводники и фотопроводники в электрофотографии и при создании солнечных элементов (батарей). Ф. являются также эффективными катализаторами сероочистки (комплексы с Fe, Co, Mn и др.), окисления орг. соед., нек-рых электрохим. процессов – восстановления O_2 и CO_2 , окисления SO_2 и ряда фотохим. процессов (напр., преобразование солнечной энергии) с помощью мол. фотокаталитич. систем. Ф. сетчатой структуры – основа термостойких полиэфирных и полиимидных материалов. Водорастворимые производные Ф., способные селективно накапливаться в опухолях, применяют в медицине для фотодиагностики и фототерапии раковых заболеваний.

Лит.: Березин Б.Д., Координационные соединения порфиринов и фталоцианинов, М., 1978; Степанов Б.И., Введение в химию и технологию органических красителей, 3 изд., М., 1984; Порфирины: структура, свойства, синтез, М., 1985; Порфирины: спектроскопия, электрохимия, применение, под ред. Н.С. Винокулова, М., 1987; Moser F.H., Thomas A.L., Phthalocyanine compounds, N.Y., 1963; Moser F.H., Thomas A.L., The phthalocyanines, v. 1-2, Boca Raton (Fla.), 1983; Phthalocyanines: properties and applications, ed. by C. Leznoff, A.B.P. Lever, N.Y., 1989. С.А. Борисенкова, Е.А. Лукьянец.

ФТАЛОЦИАНОГЕНЫ (фталогены), соед., образующие *фталоцианиновые красители* непосредственно на волокне. Ф. – бесцв. соед., раств. в воде, превращающиеся в красители при обработке их солями металлов и нагревании.

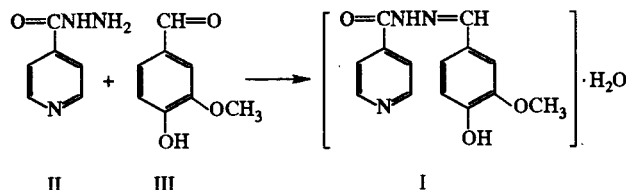
Наиб. значение имеет 1-амино-3-иминоизоиндоленин (ф-ла I, фталоцианоген 43М), получаемый нагр. фталевого ангидрида, мочевины и NH_4NO_3 в нитробензоле при 170 °C в присут. молибдата аммония; при действии щелочи на образующийся нитрит выделяется своб. основание:



Ф. применяют для крашения и печати по кл.-бум. ткани. Пасту, содержащую Ф., соли металлов для комплексобразования (обычно хлориды, бромиды или ацетаты), высококипящие орг. р-рители, смешивающиеся с водой (смеси гликолей с триметиламино или ДМФА), ПАВ, наносят на ткань и обрабатывают горячим воздухом или паром при 120–130 °C. При печати с солями Cu получают краситель ярко-голубого оттенка, с солями Ni – зеленовато-голубого. Ф. устойчивы к свету и мокрым обработкам.

Лит.: Степанов Б.И., Введение в химию и технологию органических красителей, 3 изд., М., 1984, с. 538–39. В.Л. Салодар.

ФТИВАЗИД [гидрат N-(4-гидрокси-3-метоксибензилиден)-гидразид изоникотиновой к-ты, ваницид; ф-ла I], мол. м. 289,3; безкусные желтые кристаллы со слабым запахом ванилина; легко раств. в водных р-рах к-т и щелочей, плохо – в 95%-ном этаноле, практически не раств. в воде. Получают конденсацией изониазида (II) с ванилином (III):



Ф. – противотуберкулезное ср-во, подавляет размножение микобактерий туберкулеза. Терапевтич. эффект обусловлен образованием в организме биологически активного метаболита – изониазида.

А.И. Боканов.

ФТОР (от греч. phthōros – разрушение; лат. Fluogum) F, хим. элемент VII гр. периодич. системы, относится к *галогенам*; ат. н. 9, ат. м. 18,998403. Прир. Ф. состоит из одного стабильного нуклида ^{19}F . Поперечное сечение захвата тепловых нейтронов $1 \cdot 10^{-31} \text{ м}^2$. Конфигурация внеш. электронной оболочки атома $2s^2 2p^5$; степень окисления –1; энергии ионизации при последоват. переходе от F^0 к F^{7+} соотв. равны 1681, 3375, 6046, 8409, 11024, 15164 и 17868 кДж/моль; сродство к электрону 327,8 кДж/моль. Ф. – самый электроотрицат. элемент, его электроотрицательность по Полингу 3,98. Ионный радиус F^- (в скобках даны координац. числа): 0,115 нм (2), 0,116 нм (3), 0,117 нм (4) и 0,119 нм (6). Ядро атома ^{19}F имеет спин 1/2 и близкое к собственному для протия гиромагн. отношение, что позволяет получать спектры ЯМР с высоким разрешением.

Молекула своб. Ф. двухатомна, межатомное расстояние 0,14165 нм. F_2 имеет аномально низкую (по сравнению с ожидаемой) в ряду галогенов энергию диссоциации (158 кДж/моль).

Содержание Ф. в земной коре 0,065% по массе. Встречается только в связанном состоянии. Осн. минерал, имеющий пром. значение, – флюорит (плавиковый шпат) CaF_2 , месторождения к-рого встречаются на всех континентах, а наиб. запасы сосредоточены в США, Мексике, Великобритании, Италии, ЮАР, Таиланде, Монголии, КНР. Общее содержание Ф. в пром. рудах CaF_2 122, в перспективных – 236 млн. т (1984, без СССР). В СНГ залежи флюорита имеются в Узбекистане, Таджикистане, Казахстане, в Забайкалье, Приморском крае и др.

К редким фторсодержащим минералам относятся криолит Na_4AlF_6 , хиолит $5NaF \cdot 3AlF_3$, селлит MgF_2 , иттрофлюорит $Ca_{1-x}Y_xF_{2-x}$. Изоморфно замещающие ионы OH^- , O^{2-} и др., Ф. входит также в состав мн. минералов, напр. топаза $Al_2SiO_4(OH, F)_2$, амблигонита $LiAlPO_4(OH, F)$, бастнезита $(Ce, La)CO_3F$, апатита $Ca_5(PO_4)_3(OH, F)$, слюды и гидросиликатов. Наиб. пром. значение помимо флюоритовых руд имеют апатит и фосфориты, из к-рых Ф. получают в виде хим. соед.; они содержат не более 3,5–4,2% Ф. по массе, но добываются в больших кол-вах для произ-ва соед. фосфора. Запасы Ф. в фосфатных рудах СНГ в 5 раз превышают его запасы во флюоритовых рудах (1988). Соед. Ф. содержатся во мн. подземных водах.

В небольших кол-вах Ф. входит в состав живых организмов (в организме человека 2,6 г Ф., из них 2,5 г – в костях), участвует в процессах образования зубов и костей, в обмене в-в и в активации нек-рых ферментов. Нормальное поступление Ф. в организм человека 2,5–3,5 мг в сут. Пониженные и повышенные кол-ва Ф. вызывают разл. заболевания.

Свойства. Ф. – бесцв. газ с сильным запахом, напоминающим запах хлора; т. кип. –188,20 °C, т. пл. –219,70 °C; плотн. газа 1,693 кг/м³ (0 °C, 0,1 МПа), жидкости 1516 кг/м³ (–188 °C); $t_{\text{крист.}}$ –128,84 °C, $P_{\text{крист.}}$ 5,215 МПа, $d_{\text{крист.}}$ 0,574 г/см³; давление в тройной точке 252 Па; $\Delta H_{\text{пл}}$ 0,5104 кДж/моль,

$\Delta H_{\text{исп}} 6,544$ кДж/моль; $S_p^0 31,34$ Дж/(моль·К); $S_{298}^0 202,68$ Дж/(моль·К); теплопроводность газообразного Ф. с точностью до 10% совпадает с теплопроводностью N_2 ; коэф. самодиффузии при 0 °С и атм. давлении 0,170 см²/с.

В твердом состоянии при обычном давлении Ф. образует две кристаллич. модификации: ниже -227,60 °С α -форму с моноклинной решеткой (плотн. 1,97 г/см³ при -250 °С), выше - β -форму с кубич. решеткой ($a = 0,667$ нм, плотн. 1,70 г/см³).

Плотн. жидкого Ф. описывается ур-нием $d = 1,907 - 2,20 \cdot 10^{-3}T - 2,948 \cdot 10^{-5}T^2$ г/см³ ($67 \leq T \leq 103$ К); вязкость - ур-нием $\eta = 2,43 \cdot 10^{-7} \exp(196/T)$ Па·с; ур-ние температурной зависимости давления пара над жидким Ф. $\ln(p/p_{\text{Па}}) = 7,89592346X + 3,38765063X^2 - 1,34590196X^3 + 2,75138936X(1-X)^{1,4327}$, где $X = (1 - T_{\text{тр}}/T)/(1 - T_{\text{тр}}/T_{\text{крит}})$; $T_{\text{тр}}$ и $p_{\text{тр}}$ - соотв. т-ра и давление в тройной точке; $T_{\text{крит}}$ - критич. т-ра; γ жидкого Ф. 0,0179 Н/м (69,2 К) и 0,0146 Н/м (81,0 К); ϵ 1,4577 (70,0 К) и 1,2073 (143,0 К).

Ф. раств. в нек-рых фторидах, хлор- и фторуглеродах. Жидкий Ф. неограниченно смешивается с жидкими O_2 и O_3 . С водой энергично реагирует: $2F_2 + 2H_2O \rightarrow 4HF + O_2$. Не образует кислородных к-т, с H_2 бурно реагирует, давая фтористый водород. Для орг. соед. известны *фторноватистой кислоты эфиры*.

Ф. - один из сильнейших окислителей и фторизирующих реагентов. Благодаря высокой энергии связи элемент - фтор во фторидах и низкой энергии диссоциации F_2 многие р-ции фторирования простых в-в, оксидов, галогенидов и др. соед. необратимы, сопровождаются выделением большого кол-ва тепла и образованием фторидов элементов в высш. степенях окисления. Все хим. элементы, за исключением He, Ne и Ar, образуют устойчивые *фториды*.

В то же время по кинетике взаимод. с Ф. поведение в-в может сильно отличаться. Многие р-ции имеют цепной характер, самопроизвольно инициируются при комнатной или более низкой т-ре и протекают со вспышкой или со взрывом, а в потоке - с возникновением пламени. К таким р-циям относятся фторирование H_2 и водородсодержащих в-в (углеводородов, H_2O , NH_3 , N_2H_4 , HCl , HBr , HCN и др.), S и ее производных (SO_2 , $SOCl_2$, S_4N_4 , SBr_2 и др.), Si, P и др. Теоретич. т-ра горения стехиометрич. смеси с H_2 4430 К. При комнатной т-ре с Ф. способны реагировать щелочные металлы, нек-рые галогениды, гидраты солей. В то же время р-ции F_2 с большей частью простых в-в и неорг. соед. протекают лишь при их активации, достигаемой обычно повышением т-ры или давления. На величину т-ры начала фторирования влияют природа в-в, дисперсность твердых в-в, св-ва продуктов р-ции (нелетучие фториды могут экранировать пов-сть, замедлять и даже прекращать фторирование), условия процесса (парциальное давление F_2 , интенсивность теплоотвода и др.). Р-ция F_2 с Ag, V, Re, Os начинается при 100-250 °С, с Au, Cd, Ti, Zr, Nb, Ta, Cr, W, Mn, Co - при 300-350 °С, а с Al, Fe, Cu, Zn, Y, Ni (на пов-сти к-рых образуется пленка нелетучих фторидов) - лишь ок. 400-500 °С. Температурный интервал «спокойного», регулируемого фторирования, однако, невелик, и при избытке F_2 многие р-ции переходят при превышении нек-рой т-ры в горение. Особое место занимает фторирование графита, сопровождающееся образованием при т-рах ниже 400 °С фторидов графита CF_x (см. *Графита соединения*).

Оксиды металлов и многие соли неск. более устойчивы к действию F_2 , чем сами металлы. Взаимод. оксидов может сопровождаться образованием на промежут. стадиях оксифторидов.

Наиб. устойчивы к действию F_2 благородные газы, N_2 , O_2 , алмаз, нек-рые виды стеклогуглерода, CO, CO_2 , сапфир и алунд.

Одним из путей снижения т-ры фторирования является применение катализаторов. Активация F_2 м.б. проведена также его атомизацией и ионизацией в газовых разрядах, электронном пучке, под действием УФ облучения и термокаталитически (на нагретой пов-сти катализатора). Атомный F при комнатной т-ре и в криогенных условиях взаимод. с Xe, 387

Kr, CO, NOF, NO_2 , O_2 , ClF_3 и мн. др. в-вами. См. также *Фторирование*.

Наиб. важным соед. Ф. посвящены отдельные статьи: *Азота фториды*, *Бора трифторид*, *Галогенфториды*, *Кислорода фториды*, *Кремния фториды*, *Фтористоводородная кислота*, *Фтористый водород*, *Фторобораты*, *Фторорганические соединения*, *Фторосиликаты* и др.

Получение. Общая схема произ-ва своб. Ф. включает добычу и обогащение флюоритовых руд, серно-кислотное разложение флюоритовых концентратов, выделение и очистку безводного HF, его электролитич. разложение. Ведущие производители флюоритовых концентратов - Мексика (20-25% мирового произ-ва), ЮАР, Монголия, КНР, Таиланд, Франция, Испания. Общий мировой объем их произ-ва 4-5 млн. т в год.

Электролитич. разложение HF м.б. осуществлено 3 способами: низкотемпературным (15-50 °С, в смеси HF с KF), среднетемпературным (70-120 °С, расплав KH_2F_3) и высокотемпературным (245-310 °С, расплав KHF_2). В пром-сти используют среднетемпературный способ. Стандартный потенциал разложения HF в расплаве KH_2F_3 равен 2,9 В. Пром. электролизеры работают обычно при 80-105 °С, напряжении 8,5-12,0 В и анодной плотности тока 70-180 А/см². Их мощность по току достигает 11 кА, опытных образцов - 15 кА, что соответствует производительности 7-10 кг F_2 /ч.

Электролизеры представляют собой стальные или монелевые ванны с размещенными на крышке угольными анодами и расположенными между анодами стальными катодами. В нек-рых конструкциях между катодами и анодами имеются перфорированные диафрагмы, предотвращающие смешивание и взаимод. выделяющихся F_2 и H_2 . Совр. электролизеры снабжены системами непрерывной подачи в них HF, поддержания постоянной т-ры, отвода H_2 и F_2 . Отбор F_2 проводят с помощью спец. коробчатых сборников, «колоколов», расположенных на крышке и погруженных в расплав так, что они окружают верх. часть анодов. При электролизе на пов-сти угольных анодов образуется пассивирующий слой фторидов графита CF_x , что вызывает «анодный эффект» - резкое повышение напряжения и его скачки. Этот эффект подавляют введением в электролит добавок, использованием анодов особой конструкции и пульсирующего тока. Свежезагружаемый электролит тщательно обезвоживают, проводя электролиз примеси влаги при низком напряжении. Для снижения т-ры процесса разрабатывают электролиз смеси $KH_2F_3 - NH_4HF_2 - HF$.

Очищают Ф. методами селективной сорбции примесей (HF на гранулированном пористом NaF), вымораживания примесей, сжижения Ф., хим. и фотохим. связывания примесей. Глубокую очистку Ф. проводят с помощью низкотемпературной ректификации или его обратимой хемосорбцией (напр., путем образования и термич. разложения K_2NiF_4).

Для получения своб. Ф. в лабораториях или в портативных установках могут использоваться те твердые источники. Так, MnF_4 при нагр. до 200 °С выделяет ок. 15% F_2 от своей начальной массы. Взаимод. K_2MnF_6 и SbF_5 протекает с выделением $KSbF_6$, MnF_3 и F_2 . Разработаны пиротехн. источники F_2 , содержащие соли тетрафторамония.

Определение. Осн. метод определения Ф. в р-рах - потенциометрия с использованием спец. селективных электродов. Чувствит. элемент таких электродов (мембрану) чаще всего изготавливают из монокристаллич. LaF_3 , легированного дифторидами др. металлов. Кроме того, применяют гравиметрич. или объемный методы, основанные на осаждении труднорастворимых $PbClF$, CaF_2 , ThF_4 и др.

Наиб. универсальный метод разложения мн. твердых неорг. фторидов - *пирогидролиз*. Образующийся HF поглощают водными р-рами и анализируют объемным или потенциометрич. методами. Применяют также отгонку с парами H_2O и улавливание в виде H_2SiF_6 , разл. физ. методы.

Свободный Ф. в газах определяют потенциометрически, поглощением его твердым NaCl и последующим определением выделившегося Cl_2 иодометрически, поглощением его ртутью и волюмометрич. определением. Фторорг. в-ва пред- 388

варительно разлагают натрием. Качественно Ф. обнаруживают по выделению HF, а также методами количеств. анализа.

Применение. Своб. Ф. — фторирующий реагент в произ-ве UF₆ (см. *Урана фториды*), галогенфторидов, SF₄, SF₆, BF₃, фторидов азота, фторидов графита, высш. фторидов металлов (WF₆, MoF₆, ReF₆), фторидов благородных газов, фторорг. производных и др. Атомный Ф. используют в хим. лазерах на HF и DF, для синтеза K₂F₂, *кислорода фторидов* и др.

Ф. сильно токсичен. Раздражает кожу, слизистые оболочки носа и глаз; непереносимая концентрация 77 мг/м³. Вызывает дерматиты, конъюнктивиты, отек легких. Контакт с чистым Ф. приводит к ожогу. Хронич. отравление соед. Ф. вызывает флюороз. ПДК 0,03 мг/м³ — в воздухе производств. помещений, 0,7 мг/л — в воде (для фторид-иона).

Сжиженный Ф. перевозят в охлаждаемых цистернах и хранят в танках.

Мощности по произ-ву своб. Ф. в развитых странах достигают 15–20 тыс. т в год.

Ф. открыт К. Шееле в 1771, в свободном виде получен А. Муассаном в 1886.

Лит.: Раков Э.Г., Химия и технология неорганических фторидов, М., 1990; Gmelins handbook of inorganic chemistry, system. № 5. F. Fluorine. Suppl. v. 2. The element, B., 1980. Э.Г. Раков.

ФТОРАКРИЛАТНЫЕ КАУЧУКИ, см. *Фторкаучуки*.

ФТОРВОЛОКНА, состоят из полностью или частично фторир. карбоцепных полимеров и сополимеров: политетрафторэтилена ПТФЭ (полифен, тефлон, тойофлон, горэтекс), сополимера тетрафторэтилена с гексафторпропиленом СП-ТФЭ-ГФП (фторин, тефлон FEP, тойофлон FED), сополимера тетрафторэтилена с винилиденфторидом СП-ТФЭ-ВДФ (фторлон) и др.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ФТОРВОЛОКОН И НИТЕЙ

Фторволокно (метод получения)	Плотн., г/см ³	Линейная плотн., текс		Прочность, сН/текс	Удлинение при разрыве, %	Усадка, % (т-ра)	Макс. т-ра эксплуатации, °С
		нитей	волокон				
ПТФЭ (из дисперсий в загустителе)	2,15–2,2	10–150	0,7–1,0	10–18	20–40	2–6 (180 °С)	260–280
ПТФЭ (экструзией со смазкой)	2,15–2,2	40–100	—	20–35	10–30	2–5 (180 °С)	260–280
ПТФЭ (строганием)	2,15–2,2	1000–2000	—	6–12	20–40	—	260–280
СП-ТФЭ-ГФП (из расплава)	2,1–2,15	30–300	3–5	6–12	20–50	2–7 (160 °С)	200–210
СП-ТФЭ-ВДФ (из р-ра)	2,05–2,15	15–20	—	30–60	8–25	3–5 (100 °С)	110–120

В небольших кол-вах выпускаются также волокна на основе поливинилиденфторида, политрифторхлорэтилена (кайнар), поливинилфторида, сополимера трифторхлорэтилена с этиленом (хайлар), сополимера тетрафторэтилена с этиленом (афлон).

Наиб. сложности представляет формирование волокон из ПТФЭ вследствие его полной нерастворимости и невозможности получения волокнообразующего расплава. Осн. метод получения волокон и нитей из ПТФЭ — формирование мокрым методом из его дисперсий в полимере-загустителе (напр., вискозе, поливиниловом спирте и др.). Условия формирования близки к применяемым в произ-ве *вискозных волокон*. После промывки и сушки волокна подвергают термич. обработке с вытяжкой. На этой стадии, проводимой при т-ре 350–400 °С, происходит термодеструкция загустителя и одновременно спекание частиц ПТФЭ с образованием фторволокон, имеющих темно-коричневый цвет вследствие карбонизации полимера-загустителя. При обработке окислителями или длит. прогреве на воздухе м. б. получены волокна белого цвета.

Другой метод получения нитей из ПТФЭ — экструзия смеси его дисперсии со смазкой (напр., углеводородами) или вальцевание ленты. После удаления смазки (напр., испарением), вытягивания и термообработки полученные ленты в процессе вытягивания подвергаются фибриллизации. Аналогично методом экструзии лент получают мононити.

Ф. получают также из дисковых блоков, состоящих из ПТФЭ. Из них прецизионным строганием получают тонкую

непрерывную ленту, к-рую затем подвергают вытягиванию с фибриллизацией.

Получение комплексных нитей, мононитей и жгутов из плавких фторсополимеров (напр., СП-ТФЭ-ГФП) осуществляют методом формования из расплава с последующим вытягиванием и термич. обработкой.

Получение нитей из фторсополимеров производят методами мокрого или сухого формования из р-ров. Так, нити фторлон из СП-ТФЭ-ВДФ получают из р-ра в ацетоне формованием в водноацетоновую ванну с последующей промывкой, сушкой, вытягиванием и термич. обработкой.

Ф. имеют аморфно-кристаллич. фибриллярную структуру. Форма поперечного сечения волокон, получаемых из р-ров и расплава, близка к круглой, а получаемых фибриллизацией пленок — прямоугольная.

Для Ф. характерны мн. специфич. св-ва, присущие исходным фторопластам. Они химстойки и биостойки, биоинертны.

Величины коэф. трения по металлам составляют 0,02–0,1 (ниже, чем для всех др. видов волокон), уд. электр. сопротивление 10¹⁴–10¹⁸ Ом·м, ε 2–2,2, tgδ 0,0001–0,001. Ф. негорючи даже в атмосфере О₂. Кислородный индекс у волокон из полностью фторир. полимеров составляет 95–100%, у волокон из фторуглеводородов — от 40 до 60%. Другие осн. св-ва Ф. приведены в табл.

Ф. используют в разл. техн. материалах и изделиях — тканях и нетканых материалах для фильтрования особо агрессивных жидкостей и газов, для армирования электролизных мембран при произ-ве NaOH, в защитных материалах и спецодежде (в т.ч. эксплуатируемых в среде с высоким содержанием О₂ и для защиты от расплавленных щелочных металлов), в анти-

фрикц. материалах в узлах трения, не требующих смазки, в высокохемостойких уплотнениях и сальниках, для изготовления биологически инертных изделий мед. назначения (шовных материалов, устройств для фильтрации биол. сред и др.), в произ-ве термостойких негорючих электроизоляционных материалов.

Мировое произ-во Ф. превышает ориентировочно 2000 т в год (1990).

Лит.: Сигаля М.Б., Козникова Т.Н., Синтетические волокна из дисперсий полимеров, М., 1972; Варшавский В.Я., в кн.: Карбоцепные синтетические волокна, под ред. К.Е. Перепелкина, М., 1973, с. 445–90; Волокна на основе фторсодержащих полимеров, М., 1980; Дрейзеншток Г.С., Иоффе А.З., Глуз М.Д., Нити на основе политетрафторэтилена, М., 1989; [Moukrieff R.W.], Man-made fibres, L., 1975. К.Е. Перепелкин.

ФТОРИДЫ, хим. соединения фтора с др. элементами. Известны для всех элементов, кроме He и Ne. Выделяют простые, или бинарные, Ф. (в частности, соли *фтористоводородной кислоты*, ковалентные Ф. металлов и неметаллов, *галогенфториды*), оксифториды (напр., ROF₃), *гидрофториды металлов*, фторсодержащие к-ты (напр., фтористоводородная к-та), комплексные фториды, или фторометаллаты, напр. Na₂NiF₆ (см. также *Фторобораты*, *Фторосиликаты*) и др. К Ф. относятся также фториды графита CF_x (1 ≥ x > 0), C(MF_n)_x и др., фторидные и оксифторидные бронзы, смешанные галогениды.

В кристаллич. структуре простых Ф. переходных металлов атомы металла, как правило, имеют октаэдрич. окружение из 390

атомов F, причем, октаэдры м. б. изолированными (MF_6) либо сочлененными.

Наиб. типичные координац. полиэдры фторометаллатов – также октаэдры, к-рые м. б. изолированными (структура криолита, альпасолита), иметь только мостиковые атомы F (структура перовскита, пироклора), соединяться вершинами (структура тетрагон. и гексагон. бронз, слоистых перовскитов), ребрами (структура рутила, Na_2SiF_6 и др.), гранями (структура «гексагонального» перовскита). Образование фторометаллатов стабилизирует высш. степени окисления мн. элементов, благодаря чему существуют соед. с катионами NF_4^+ , KrF^+ , XeF_3^+ и др. и анионами MnF_6^{2-} , NiF_6^{2-} и др.

Наиб. тугоплавки и труднолетучи трифториды PЗЭ, CaF_2 (т. кип. 2530 °C), наименьшие т-ры плавления и кипения у OF_2 (соотв. -224 и -145 °C) и NF_3 (-206,8 и -129,0 °C). Наиб. р-римость в воде имеет SbF_3 (492,4 г в 100 г H_2O при 25 °C), BeF_2 , TiF_4 , наименьшую – PbClF , CaF_2 , LaF_3 и ThF_4 (0,17 мг/л при 20 °C).

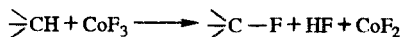
Многие Ф. гидролизуются водой, причем склонность к гидролизу повышается в ряду от трифторидов до гектафторидов металлов и с уменьшением ат. н. металла одной подгруппы. Все Ф. подвергаются пирогиридолизу.

Окислит. св-ва наиб. сильно выражены у Ф. неметаллов: KrF_2 , XeF_6 , галогенфториды, OF_2 , O_2F_2 , NF_3 , N_2F_4 , NOF_3 , их р-ры в HF . Очень сильные окислители среди Ф. металлов: OsF_7 , ReF_7 , PtF_6 , PuF_6 , AuF_3 , CrF_5 , MnF_4 , CrF_4 , AuF_3 , NiF_3 и др. См. также Галогениды, Фтор и др.

Э.Г. Раков.

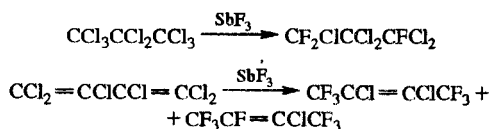
ФТОРИРОВАНИЕ. 1) Введение атома фтора в молекулу хим. соединений. Ф. орг. соединений осуществляют прямым (заместительным) фторированием либо присоединением F_2 , HF или др. неорг. фторидов по кратным связям.

Прямое Ф. – сильно экзотермич. процесс, поэтому проведение его требует особых приемов для отвода тепла, чтобы предотвратить деструкцию связей С–С. Один из таких приемов – проведение р-ции при низких т-рах в условиях сильного разбавления: фтор разбавляют инертными газами, а фторир. соед. – инертными по отношению к фтору орг. р-рителями. Кроме F_2 используют фториды металлов, напр.:



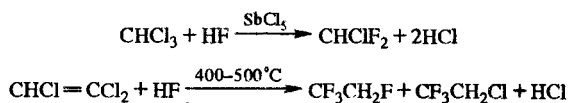
Для синтеза хладонов применяют жидко- и газофазное Ф. хлор- или бромпарафинов фтором в присут. неорг. фторидов.

В качестве агента Ф. в р-циях обмена галогена на фтор, а также в р-циях окислит. Ф. кратных связей в полигалогенир. алкенах используют SbF_3 (р-ция Сварта). Иод и бром обмениваются легче, чем хлор. В случае полигалогенпроизводных полное перегалогенирование невозможно, т.к. по мере увеличения числа атомов F в молекуле дальнейшее Ф. затруднено из-за стерич. факторов, напр.:

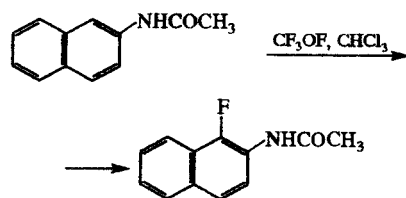


Особенно легко замещается атом Cl, сопряженный с кратной связью, а также Cl в хлоранидридах к-т. Р-ция Сварта – пром. способ получения фторир. соед.

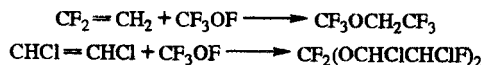
Часто для заместительного Ф. используют газообразный безводный HF в присут. галогенидов Sb, Sn и др. при 70–150 °C и 0,6–2,5 МПа либо в присут. катализатора (AlF_3 , CrF_3 и др.) при нагревании, напр.:



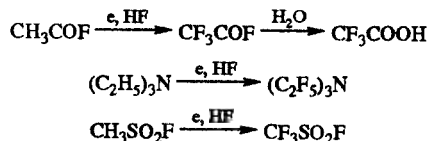
Эффективными реагентами для замещения водорода на фтор в ароматич. системах служат гипофториты $\text{R}_\text{F}\text{OF}$ (R_F – перфторир. орг. радикал):



Гипофториты присоединяются также по двойной связи олефинов, образуя фторалкоксопроизводные и фтортеломеры, напр.:

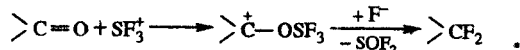


В пром. орг. синтезе широко применяют электрохим. Ф. Процесс осуществляют в электролитич. ванне, содержащей безводный HF , на Ni-аноде при 5–6 В (р-ция Саймона). Метод наиб. удобен для Ф. низкомолекулярных соед. вследствие меньшей деструкции фторир. молекулы, а также для Ф. соед., содержащих функциональные группы (амины, карбоновые к-ты и др.), напр.:

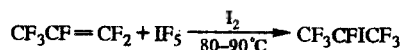
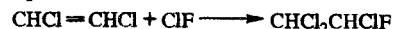


Преимущество электрохим. Ф. – простота аппаратуры и дешевый источник фтора.

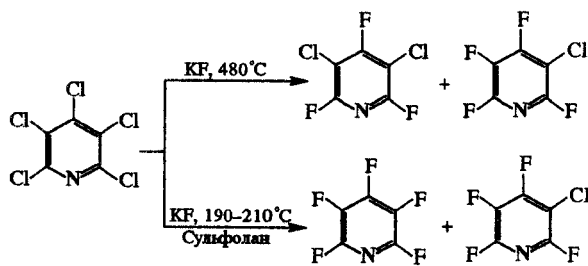
Соед., содержащие карбонильную группу, фторируются SF_4 в присут. HF , BF_3 ; р-ция происходит через пром. образ. реакционноспособного иона SF_3^+ , напр.:



Для Ф. галогенсодержащих орг. соед. применяют галогенфториды, напр.:



Ф. ароматич. соед. осуществляют чаще всего через диазониновые соли по Шимана реакции. Для получения перфторир. ароматич. соед. можно использовать действие KF в апротонном р-рителе или без него при повышенной т-ре на другие галогенароматич. соединения; этим методом можно получить целую гамму полифторпроизводных, напр.:



Ф. орг. соед. используют для синтеза хладонов, заменителей крови, фторолефинов – мономеров для получения термостойких и химически стойких полимеров и др.

Лит.: Фтор и его соединения, под ред. Дж. Саймона, пер. с англ., т. 1–2, М., 1953–56; Шенпарт У., Шарте К., Органическая химия фтора, пер. с англ., М., 1972; Исканова Н., Кобаяси Е., Фтор. Химия и применение, пер. с япон., М., 1982; Новые фторирующие реагенты в органическом синтезе, Новосиб., 1987; Промышленные фторорганические продукты. Справочник, Л., 1990.

Б.Н. Максимов.

Фторирование неорг. соед. может осуществляться водными («мокрыми») и неводными (термич., «сухими») методами. Реагентами для Ф. водными методами служат фтористоводородная к-та, кремнефтористоводородная к-та, р-ры NH_4F , NH_4HF_2 , реже — р-ры других фторидов металлов либо смеси CaF_2 , NaF , NH_4HF_2 с H_2SO_4 или др. к-тами. Таким путем получают чаще всего малорастворимые фториды (AlF_3 , UF_6 , ZrF_4 , CaF_2 , NaF) или фторометаллаты (Na_2AlF_6 , Na_2SiF_6 , K_2TaF_6). Из-за необходимости фильтрования, сушки, а для хорошо раств. фторидов и фторометаллатов — выпаривания выход продуктов низкий. Фториды, получаемые из водных р-ров, как правило, имеют меньший размер частиц, меньшую насыпную плотность и более высокую степень чистоты, чем получаемые неводными методами. Водными методами не м. б. получены фториды, склонные к гидролизу и обладающие сильными окислит. св-вами.

Ф. неводными методами осуществляют с помощью газообразных (F_2 , HF , галогенфториды, NF_3 , CF_4 , хладоны, SF_6), жидких (HF , HSO_3F , галогенфториды, р-ры NOF , NO_2F и др. фторидов в HF , расплавы KHF_2 , KH_2F_3 , NH_4HF_2) или твердых (NaF , CoF_3 , MnF_4 , Na_2SiF_6 , K_2SiF_6) в-в.

Газообразные фторирующие агенты активируют с помощью УФ или ИК облучения (напр., лазерохим. активация SF_6), катализа (введение в зону р-ции твердых, реже газообразных катализаторов либо термокаталитич. генерирование атомного F) или разл. видов электрич. разряда (напр., разложение и ионизация CF_4 или хладонов в плазме). Нек-рые р-ции проводят под давлением, р-ции с участием ионизир. и атомизир. газов — в вакууме, отдельные процессы с участием F_2 — в режиме горения, напр. при получении UF_6 , SF_6 , XeF_6 и др.

При газофазном Ф. фторируемые соед. м. б. в виде р-ра в нелетучих инертных р-рителях (жидкий HF при низких т-рах, фторир. углеводороды) либо расплава (эвтектич. смесь LiF — NaF — KF).

Жидкие среды используют для электрохим. Ф., напр. электролизом расплава NH_4HF_2 получают NF_3 .

Неводные методы позволяют получать любые фториды и гидроксифториды, в т. ч. летучие, легко гидролизующиеся и обладающие окислит. действием.

Ф. происходит, как правило, поэтапный с образованием сначала низших, затем высших фторидов. На промежут. стадии Ф. оксидов могут образовываться оксифториды, а при Ф. смесей в-в — фторометаллаты.

Ф. применяют в металлургии для получения фторидов редких и нек-рых цветных металлов; для получения компонентов керамики, стекол, ситаллов и др. Ф. вместе с процессами пиролизом фторидов входит в прир. цикл фтора.

2) Искусственное обогащение питьевой воды, а также зубных паст и пищ. продуктов соед. фтора с целью регулирования его содержания в организме человека. Суточная доза фторид-иона для человека составляет 0,5–1,0 мг. Дефицит его ухудшает кроветворение, ослабляет защитные функции организма, вызывает заболевание кариесом. Избыток фторид-иона приводит к патологич. изменениям зубов и костей скелета, органов кроветворения, нервной и др. систем.

Ф. — одна из операций, применяемых при подготовке питьевой воды. Проводят на станциях водоочистки (при условии, что исходная концентрация фторид-иона менее 0,5 мг/л) путем р-нения небольших кол-в Na_2SiF_6 или NaF . Природные воды, напротив, подвергают обесфториванию. Для предотвращения кариеса фториды (SnF_2 , NaF и др.) вводят в качестве добавок в зубные пасты. В последнее время целесообразность Ф. воды ставится под сомнение.

Лит.: Руководство по неорганическому синтезу, под ред. Г. Брауэра, пер. с нем., т. 1, М., 1985; Раков Э.Г., Хими́я и технология неорганических фторидов, М., 1990. Э.Г. Раков.

ФТОРИРОВАННЫЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА (фторированные ПАВ, ФПАВ, фторгенциды), *поверхностно-активные вещества*, неполярная часть молекул к-рых содержит фторуглеродный радикал. На ФПАВ распространяется классификация ПАВ, а также номенклатура и классификация фторорганических соединений.

Различают полностью (перфторированные) и неполностью фторированные (полифторированные) ФПАВ. В отдельную группу можно выделить «гибридные» ФПАВ — соед. с перфторированными (R_F) и углеводородными радикалами.

Наиб. значение имеют след. группы ФПАВ, содержащие во фторированном радикале 6–12 атомов C: $\text{R}_\text{F}\text{COOM}$ ($\text{M}=\text{Na}$, K , NH_4), $\text{R}_\text{F}\text{CON}(\text{R})\text{CH}_2\text{COOH}$, $\text{R}_\text{F}\text{CON}(\text{R})\text{C}_2\text{H}_4(\text{OC}_2\text{H}_4)_n\text{OH}$, $\text{R}_\text{F}\text{SO}_2\text{H}$, $\text{R}_\text{F}\text{SO}_2\text{NH}_2$, $\text{R}_\text{F}\text{SO}_2\text{N}(\text{R})\text{CH}_2\text{COOH}$, $\text{R}_\text{F}\text{SO}_2\text{N}(\text{R})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, $\text{R}_\text{F}\text{SO}_2\text{N}(\text{R})\text{C}_2\text{H}_4(\text{OC}_2\text{H}_4)_n\text{OH}$, $[\text{R}_\text{F}\text{SO}_2\text{NH}(\text{CH}_2)_n\text{NR}_2]^+\text{X}^-$, $\text{R}_\text{F}\text{SO}_2\text{N}(\text{CH}_2)_n\text{N}(\text{R})\text{C}_2\text{H}_4\text{COO}^-$, $\text{C}_3\text{F}_7\text{O}[\text{CF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{O}]_n\text{CF}(\text{CF}_3)\text{COOM}$ ($n=0-2$), $\text{R}_\text{F}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOM}$, $\text{R}_\text{F}\text{C}_6\text{H}_4(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$, $\text{R}_\text{F}\text{OC}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{M}$, $\text{R}_\text{F}\text{OC}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}(\text{CH}_2)_n\text{NR}_2\text{Cl}$.

ФПАВ синтезируют гл. обр. из фторангидридов перфторалканкарбоновых к-т и перфторалкансульфокислот, а также из перфторполиэфиркарбоновых к-т, получаемых анионной олигомеризацией гексафторпропиленоксида. Для нек-рых ФПАВ исходными продуктами м. б. перфторолефины.

Св-ва ФПАВ по мн. параметрам существенно отличаются от св-в нефторир. ПАВ, что обусловлено особенностями природы фторуглеродного радикала. Атомы F образуют вокруг углеродной цепи более плотную и одновременно более объемную оболочку, чем атомы H. Высокая энергия связи C—F, а также защитный «экран» из атомов F, «изолирующий» углеродную цепь от внеш. хим. воздействий, определяют высокую термич. и хим. стойкость и чрезвычайно низкую когезию ФПАВ. Последнее обусловлено слабым межмолекулярным взаимодействием, проявляющимся, напр., в низком поверхностном натяжении (σ) р-ров ФПАВ и низком поверхностным натяжением смачивания (σ_s) твердых пов-стей, покрытых адсорбционным слоем ФПАВ. Наиб. активные ФПАВ (производные перфтороктановой к-ты и перфторолигосифкарбоксилат аммония) снижают поверхностное натяжение воды с 72,7 до 12–15 мН/м при концентрации порядка 10^{-3} моль/л, тогда как углеводородные ПАВ — лишь до 25–28 мН/м. Для пов-стей, покрытых монослоем перфтордекановой к-ты, σ_s составляет 6 мН/м, покрытых монослоем ω -гидроперфторундекановой к-ты — 15 мН/м.

Благодаря тому, что взаимодей. гидрофобных радикалов между собой и с молекулами растворяющей среды в случае ФПАВ слабее, чем для нефторир. ПАВ, первые проявляют более высокую поверхностную активность на границе водных р-ров с газовой средой; причем более высокая поверхностная активность согласуется с более низкими значениями критич. концентраций мицеллообразования (ККМ, см. табл.).

КРИТИЧЕСКИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ
МИЦЕЛЛОБРАЗОВАНИЯ ПЕРФТОРИРОВАННЫХ
И АНАЛОГИЧНЫХ НЕФТОРИРОВАННЫХ ПАВ

ФПАВ	ККМ, моль/л (т-ра, °C)	ПАВ	ККМ, моль/л (т-ра, °C)
$\text{C}_8\text{F}_{17}\text{COOK}$	$2,70 \cdot 10^{-2}$ (30)	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{COOK}$	$39,5 \cdot 10^{-2}$ (25)
$\text{C}_8\text{F}_{17}\text{COONa}$	$0,91 \cdot 10^{-2}$ (30)	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{COONa}$	$16,0 \cdot 10^{-2}$ (20)
$\text{C}_8\text{F}_{17}\text{SO}_3\text{Na}$	$0,85 \cdot 10^{-2}$ (75)	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{SO}_3\text{Na}$	$17,7 \cdot 10^{-2}$ (50)

ФПАВ проявляют не только исключительно высокую гидрофобность, но и не свойственную другим ПАВ олеофобность. В отличие от ПАВ, они поверхностно-активны в углеводородных маслах и р-рителях, существенно понижая и без того невысокое поверхностное натяжение последних. Наличие полярной группы ФПАВ при этом не играет существенной роли; лиофобной и лиофильной частями дифильной молекулы в этом случае являются соотв. перфторуглеродный и углеводородный радикалы. Так, N-замещенные амиды перфторалкановых к-т, представляющие собой «гибридные» фторуглерод-углеводородные ПАВ, снижают поверхностное натяжение минерального масла с 30 до 18–19 мН/м (при 25 °C), а жидкого парафина с 24 до 12–15 мН/м (100 °C).

При высокой поверхностной активности на границе водно-го р-ра с газовой фазой ФПАВ из-за олеофобности перфторуглеродной цепи проявляют весьма низкую поверхностную активность на межфазной границе вода — углеводородная

жидкость. При необходимости одновременного снижения поверхностного (межфазного) натяжения на границе водной фазы с воздухом и углеводородом используют смесь ФПАВ и ПАВ; первое более активно на пов-сти раздела вода – воздух, второе – на пов-сти раздела вода – углеводород. Такое применение смеси в-в необходимо для соблюдения условий полного смачивания и растекания воды тонкой пленкой по пов-сти тел с низкой поверхностной энергией.

В пром-сти ФПАВ используют в технол. процессах и в составе ряда материалов и продуктов гл. обр. техн. назначения, где нефторир. ПАВ не эффективны или не выдерживают действия высоких т-р или агрессивной среды. Аммониевые соли перфторнонановой и перфторполиэфиркарбоновых к-т – эмульгаторы при получении политетрафторэтилена и поливинилиденфторида методом эмульсионной полимеризации; соли перфторсульфокислот – добавки в гальванич. ванны при электролитич. травлении или электроосаждении металлов для повышения качества гальванич. покрытия и сокращения потерь р-ра электролита. Препараты «Хромин» (таблетированная смесь перфторэтилциклогексансульфоната $4-C_2F_5C_6F_{11}SO_3Na$ и Na_2CO_3) и «Хромоскан» [основа – перфторолигоэфирсульфонат $CF_3CF_2OCF_2CF(CF_3)OCF_2CF_2SO_3Na$] применяют при электролитич. хромировании металлов. ФПАВ – компоненты наиб. эффективных пленкообразующих ср-в пожаротушения, напр. типа «легкой воды» (активные компоненты – четвертичные аммониевые соли аминалкилиамидов перфторкарбоновых к-т и перфторалкансульфокислот); благодаря способности вызывать растекание воды по пов-сти моторных топлив, мазута, битумов, спиртов, орг. к-т и др. незаменимы при тушении горящих нефтепродуктов и орг. материалов; применяют в виде воздушно-мех. пены, часто в сочетании с др. компонентами, напр. ПАВ. Многие ФПАВ – ср-ва гидро- и олеофобизации разл. материалов (текстиля, кожи, пластмасс), придающие им незагрязняемость, влагостойкость, коррозионную стойкость, а также ср-ва (напр., «Эпилам»), предотвращающие растекание масел по пов-сти металла, увеличивающие износостойкость металлорежущего инструмента, улучшающие смазочное действие машинного масла.

ФПАВ не подвержены разложению микроорганизмами; поэтому их пром. применение требует соблюдения строгих мер экологич. защиты.

Лит.: Шип Л.А., в кн.: Поверхностно-активные вещества, Справочник, под ред. А.А. Абрамзона, Г.М. Гасвого, Л., 1979, с. 232–39, 241–66; Промышленные фторорганические продукты, Справочник, Л., 1990, с. 367–403; Мадю М., Отоя С., в кн.: Соединения фтора: синтез и применение, под ред. Н. Исиава, пер. с япон., М., 1990, с. 157–82. Л.А. Шип.

ФТОРИСТОВОДОРОДНАЯ КИСЛОТА (фтороводородная к-та), р-р фтористого водорода в воде. Устар. назв. – плавиковая к-та. В системе $HF - H_2O$ могут существовать 3 соед.: $H_2O \cdot HF$ ($H_3O^+F^-$), $H_2O \cdot 2HF$ ($H_3O^+HF_2^-$) и $H_2O \cdot 4HF$, т.пл. к-рых соотв. -36 , -78 (с разл.) и -100 °C; т.пл. эвтектич. смеси $H_2O - H_2O \cdot HF - 72$ °C; для азеотропной смеси (38,2% по массе HF) т. кип. $114,5$ °C. При всех составах, отличных от азеотропного, Ф. к. испаряется инконгруэнтно. Равновесное давление паров HF и H_2O над Ф. к. описывается ур-нием $\lg p(Pa) = A - B/T$, значения коэф. см. в табл.

Концентрация HF, % по массе	P_{HF}		P_{H_2O}	
	A	B	A	B
10	10,168	2610	10,919	2225
20	10,621	2605	10,867	2235
30	10,759	2500	10,768	2247
50	10,449	2120	10,738	2386
70	10,437	1830	—	—

Для р-ров $HF + nH_2O$ $\Delta H_{обр}^0$ $-317,74$ кДж/моль ($n=1$), $-322,03$ кДж/моль ($n=10$), $-322,36$ кДж/моль ($n=100$) и $-335,65$ кДж/моль ($n=\infty$). Ф. к. содержит ионы H^+ , F^- , HF_2^- , H_3O^+ , $(HF)_nF^-$ и молекулы $H_3O^+(HF)_nF^-$ с $n=1-4$. Плотность Ф. к. при 25 °C меняется от $1,00132$ г/см³ ($0,20$ моль/дм³) до $1,07099$ г/см³ ($11,40$ моль/дм³); электр. проводимость при

-6 °C – от $1,90$ мкСм/см ($0,0472$ моль/дм³) до $54,36$ мкСм/см ($2,82$ моль/дм³). Ф. к. – сильная к-та, pK_a $3,14$; образует соли – фториды; реагирует со мн. в-вами, в т. ч. с такими оксидами, как SiO_2 , B_2O_3 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 , MoO_3 , WO_3 , и силикатами.

Ф. к. получают р-рением HF в воде, водной абсорбцией газообразных продуктов сернокислотного разложения CaF_2 , пиролизом CaF_2 , UF_6 , фторидов др. металлов, флюоритовых руд и фторсодержащих отходов произ-в. Ф. к. – реагент в произ-ве AlF_3 , UF_6 и др. неорг. фторидов, компонент р-ров для травления стекол, кварца, материалов микроэлектроники, металлов и нек-рых сплавов.

Ф. к. при попадании на кожу вызывает болезненные ожоги, причем действие разб. Ф. к. проявляется через неск. часов после поражения.

Хранят Ф. к. в гумир. или полиэтиленовых емкостях.

Э.Г. Раков.

ФТОРИСТЫЙ ВОДОРОД HF, бесцв. газ или подвижная жидкость, дымящая на воздухе; т.пл. $-83,36$ °C, т. кип. $19,52$ °C; $t_{крист.}$ 230 °C, $d_{крист.}$ $0,29$ г/см³, $P_{крист.}$ $6,49$ МПа; C_p^0 $29,14$ Дж/(моль·K); $\Delta H_{обр}^0$ $-273,3$ кДж/моль; S_{298}^0 $173,675$ Дж/(моль·K); $\Delta H_{исп}^0$ $7,489 - 43,9(T - 292,69)$ кДж/моль ($250 \leq T \leq 390$ K); ур-ние температурной зависимости давления пара над Ф. в. $\lg p(Pa) = 0,21317 - 918,24/T + 3,21542 \lg T$, где $193 \leq T \leq 378$ K. Плотн. жидкого HF близка к плотн. воды: $d = 1,0020 - 2,2625 \cdot 10^{-3}t + 3,125 \cdot 10^{-6}t^2$ г/см³, где $-74 \leq t \leq 42$ °C; d_4^{20} $0,98$. Чистый жидкий HF почти не ионизирован, ρ 10^{-6} Ом·см (0 °C); следовые кол-ва примесей, в т. ч. воды, резко понижают ρ .

Характерное св-во HF – склонность к ассоциации. Средняя степень ассоциации в жидкости $n=6$. В газовой фазе могут присутствовать линейные и циклич. олигомеры с $n=4, 6-12$. Наиб. устойчив циклич. $(HF)_6$.

Ф. в. реагирует со мн. простыми в-вами с образованием фторидов, с оксидами – оксифторидов или фторидов, замещает галоген в галогенидах металлов, с фторидами щелочных и др. одновалентных металлов образует гидрофториды металлов, с фторидами и оксифторидами мн. элементов в присут. воды – фторсодержащие к-ты, напр. H_2SiF_6 , $HFbF_4$.

Ф. в. неограниченно раств. в воде с образованием фтористоводородной кислоты. Сам HF – хороший р-ритель для мн. в-в. Наиб. р-римость характерна для SbF_5 (смешивается неограниченно), TIF (580 г в 100 г HF при 12 °C) и CsF (199 г в 100 г HF при 10 °C). Р-римость фторидов щелочных металлов (кроме LiF) в HF в $2-4$ раза ниже, чем в воде, BaF_2 , PbF_2 и CoF_2 – в сотни, BeF_2 – в тысячи, а AgF – в сотни тысяч раз больше, чем в воде, что связано с сильной сольватацией фторид-иона в HF.

Ф. в. – сильная к-та, ф-ция кислотности Гаммета $-15,05$, однако даже небольшой избыток фторид-ионов резко ее снижает.

Осн. способ получения HF – р-ция флюорита CaF_2 с H_2SO_4 , к-рую проводят в трубчатых вращающихся и шнековых печах при $120-180$ °C. Реакционные газы очищают от пыли, конденсируют из них HF и подвергают его двухступенчатой ректификации. Менее распространены сернокислотное разложение NH_4HF_2 и термич. разложение NH_4HF_2 . В лаборатории HF удобно получать термич. разложением гидрофторидов.

Ф. в. – катализатор гидрирования, дегидрирования, алкилирования в орг. химии, реагент в произ-ве хладонов и фторопластов, UF_4 , AlF_3 и др., исходное в-во для получения F_2 , фторсульфоновой к-ты. Мировое произ-во (вместе с фтористоводородной к-той) св. 1 млн. т в год (1980 -е гг.).

Ф. в. раздражает дыхательные пути, является сильнейшим водоотнимающим в-вом и при попадании на кожу вызывает образование долго не заживающих язв, а при длительной экспозиции – обугливание. ПДК в атм. воздухе $0,005$ мг/м³, в воде $0,05$ мг/л.

Жидкий Ф. в. хранят в стальных герметичных танках и цистернах, а также в баллонах аммиачного типа, имеющих защитную окраску с красной полосой.

Лит.: Запольская М.А., Зенкевич Н.Г., Комарова Е.Г., Физико-химические свойства фтористого водорода, М., 1977; Раков Э.Г., Химия и технология неорганических фторидов, М., 1990.

Э.Г. Раков.

Ф. используют в произ-ве уплотнителей, рукавов шлангов, мембран, резиноканевых материалов, гуммировочных покрытий и др. изделий, работающих при высоких т-рах и в контакте с агрессивными средами.

Объем мирового произ-ва ок. 8 тыс. т в год (1989).

Лит.: Серушкин И. П. [и др.], «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1980, т. 25, № 5, с. 552–72; Синтетический каучук, 2 изд., Л., 1983; Новичкая С.П., Нудельман З.Н., Донцов А.А., Фторопласты, М., 1988.

С.П. Новичкая.

ФТОРЛОНЫ, то же, что *фторопласты*.

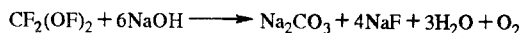
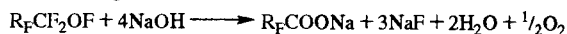
ФТОРНОВАТИСТОЙ КИСЛОТЫ ЭФИРЫ (орг. гипогториты), соед. общей ф-лы ROF (R – орг. остаток), производные не существующей в своб. состоянии фторноватистой к-ты $\text{HO}\cdot\text{F}$. Наиб. устойчивы Ф. к. э., содержащие перфторир. (R_F) или полифторир. радикал, у к-рого отсутствуют α -Н-атомы. α -Водородсодержащие эфиры (напр., CH_3OF) образуются и существуют только при низких т-рах. Известны эфиры, имеющие две вицинальные или геминальные группы OF .

Низшие полифторир. эфиры – газы (табл.) с резким запахом фтора, плохо раств. в воде, хорошо – в полигалогеналканах, перфторир. жидкостях.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЭФИРОВ ФТОРНОВАТИСТОЙ КИСЛОТЫ

Соединение	Мол. м.	Т. кип., °С	Т. разложения, °С
Трифторметилгипогторит CF_3OF	104	–95	> 400
Пентафторэтилгипогторит $\text{C}_2\text{F}_5\text{OF}$	154,02	–50	> 110
Дифторхлорметилгипогторит CF_2ClOF	120,46	–25	> 150
Дифторметил-бис-гипогторит $\text{CF}_2(\text{OF})_2$	120,01	–64	> 200
Фтордихлорметилгипогторит CFCl_2OF	136,92	0	—

Низшие Ф. к. э. термически более стабильны, чем их высшие гомологи. В нейтральных и кислых средах медленно гидролизуются (скорость гидролиза меньше, чем у соответствующих ацилфторидов), под действием щелочей быстро разлагаются, напр.:



При взаимодействии с галогенидами металлов Ф. к. э. вытесняют своб. галогены; в р-циях с орг. соед. благодаря легкости гомотизации связи $\text{O} - \text{F}$ выступают как источники своб. радикалов; в мягких условиях присоединяются по кратным связям ненасыщ. соед., образуя, в зависимости от условий р-ции, продукты фторирования или фторалкоксилрования; фторируют алканы, галогеналканы, амины и их N -ацильные или N -сульфонильные производные.

Получают Ф. к. э. фторированием карбонильных соед. (кетон, карбоновых к-т, их солей, ангидридов, галогенангидридов) мол. фтором в присут. фторидов металлов; они образуются также при действии CoF_2 на углеводороды или полигалогенсодержащие углеводороды.

Применяют Ф. к. э. для произ-ва фторомономеров (напр., перфторметилвинилового эфира), в качестве инициаторов полимеризации, селективных фторирующих агентов, в синтезе лек. препаратов (фторафур и др.).

Все Ф. к. э. – токсичные соед., по характеру действия на организм подобны фтору. Работа с ними требует осторожности из-за возможности взрыва.

Лит.: Новые фторирующие реагенты в органическом синтезе, Новосибир., 1987, с. 140–96.

И. И. Крылов.

ФТОРОБОРАТЫ, соли фтороборных к-т. Важнейшие из них – тетрафторобораты (Т.) – производные тетрафтороборной к-ты HBF_4 , известной в виде водных р-ров, обладающих сильнокислой р-цией; их получают взаимод. фтористоводородной к-ты с H_2BO_3 или BF_3 . Т. металлов синтезируют действием HBF_4 на металлы, оксиды или карбонаты

металлов, а также взаимодей. BF_3 с фторидами металлов, H_2BO_3 – с гидрофторидами металлов и т. п.

Т. – кристаллы, обычно изоморфные с перхлоратами. При нагрев. диссоциируют с отщеплением BF_3 . Т. щелочных и мн. тяжелых металлов раств. в воде. Свежеприготовленные водные р-ры Т. щелочных металлов имеют нейтральную р-цию. В этих р-рах происходит медленный гидролиз с образованием в первую очередь ионов гидроксифторобората $[\text{BF}_2\text{OH}]^-$. Только в очень разб. р-рах наблюдается дальнейший гидролиз с образованием ионов $[\text{BF}_2(\text{OH})_2]^-$.

Т. щелочных металлов, NH_4^+ и Tl(I) кристаллизуются из водных р-ров в безводном состоянии (только для LiBF_4 известны моно- и тригидраты). Т. магния и мн. двухвалентных металлов (Fe , Cu , Co , Ni , Mn , Zn , Pb и др.) образуют гексагидраты, Ag – моногидрат. В их молекулах вода входит во внутр. сферу катиона, напр. $[\text{Cd}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{BF}_4$. Гидраты Т. тяжелых металлов неустойчивы и при нагрев. разлагаются с выделением паров воды и BF_3 . Более устойчивы соед. $\text{MF}_2 \cdot \text{BF}_3$, образующиеся при действии паров BF_3 на фториды металлов. Предполагают, что их строение $[\text{MF}]\text{BF}_4$.

Т. многих металлов легко образуют аммиакаты, напр. $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6](\text{BF}_4)_2$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{BF}_4$. Эти соед. при нагрев. разлагаются с образованием гл. обр. фторида металла и $\text{BF}_3 \cdot \text{NH}_3$; аммиакаты Т. кадмия, Ni , Co(III) , Cr(III) мало раств. в воде. Описаны многочисленные аминомокомплексы Т. с орг. основаниями.

Известны Т. азотсодержащих оснований – нитрозила NOBF_4 , нитрозиона NO_2BF_4 , гидразина $\text{N}_2\text{H}_5\text{BF}_4$, малоустойчивых сложных катионов – Cl_2OBF_4 , NSBF_4 , IOBF_4 и др. В большинстве они разрушаются при действии воды.

Существует большое число Т. орг. оснований, напр. $[(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{N}]\text{BF}_4$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_2\text{BF}_4$, $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{CHNBF}_4$, оксониевых соед., напр. $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{OBF}_4$.

Т. калия KBF_4 – бесцв. кристаллы с ромбич. решеткой ($a = 0,785$ нм, $b = 0,568$ нм, $c = 0,737$ нм, $z = 4$, пространств. группа Pnma); при 283°C переходит в кубич. модификацию ($a = 0,726$ нм), ΔH перехода $13,8$ кДж/моль; т. пл. 570°C , т. разл. 930°C ; плотн. $2,55$ г/см³; C_p^0 115 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{обр}}^0$ -1884 кДж/моль, $\Delta H_{\text{пл}}$ $18,0$ кДж/моль; S_{298}^0 130 Дж/(моль·К); плохо раств. в воде (0,44% по массе при 20°C , 6,27% при 100°C), этаноле, диэтиловом эфире.

Т. натрия NaBF_4 – бесцв. кристаллы с ромбич. решеткой ($a = 0,625$ нм, $b = 0,677$ нм, $c = 0,682$ нм, $z = 4$, пространств. группа Stet); при 243°C переходит в моноклинную (по др. данным, в кубическую) модификацию, ΔH перехода $6,7$ кДж/моль; т. пл. 406°C (с частичным разл.); плотн. $2,47$ г/см³; C_p^0 $120,2$ Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{обр}}^0$ -1845 кДж/моль, $\Delta H_{\text{пл}}$ $13,6$ кДж/моль; S_{298}^0 $145,3$ Дж/(моль·К); раств. в воде (50,7% по массе при 25°C), плохо – в этаноле (0,47% при 25°C), метаноле (4,17% при 25°C), ацетоне (~1%), не раств. в диэтиловом эфире.

Т. аммония NH_4BF_4 – бесцв. кристаллы с ромбич. решеткой ($a = 0,906$ нм, $b = 0,564$ нм, $c = 0,723$ нм, $z = 4$, пространств. группа Pnma); плотн. $1,88$ г/см³; при $199,5^\circ\text{C}$ переходит в кубич. модификацию ($a = 0,755$ нм); т. пл. 487°C (под давлением); т. возг. 350°C ; раств. в воде (20,5% по массе при 25°C), плохо – в этаноле (0,7%), не раств. в ацетоне, бензоле, хлороформе, пиридине.

Т. натрия, калия и аммония – компоненты электролитов при рафинировании и получении покрытий цветных металлов, флюсов для сварки и пайки, формовочных составов при литье Al и Mg и их сплавов, добавки к смазочно-охлаждающим жидкостям при обработке металлов давлением, фторирующие агенты, гербициды. Т. лития и натрия – исходные в-ва для получения тетрагидридоборатов. Т. аммония – консервант для древесины, антипирен для полимеров. Т. тяжелых металлов (Fe , Zn , Hg и др.) – катализаторы р-ций полимеризации, гидролиза, формилирования и др. в орг. синтезе. Такие Т., как NF_4BF_4 , $\text{N}_2\text{F}_5\text{BF}_4$, используются в хим. лазерах. Т. нитрозила и нитрозиона – реагенты для нитрозирования и нитрования в орг. синтезе. Т. орг. осно-

ваний используют в орг. синтезе, в частности для фторирования.

Известны соли и др. фтороборных, а также оксо- и гидроксофтороборных к-т, в частности гидроксофтороборной и дигидроксофтороборной к-т (эти к-ты иногда рассматривают как гидраты BF_3), напр. $\text{K}_2\text{B}_2\text{F}_9$, NaHBF_3 , BaBOF_3 , $\text{KBF}_3(\text{OH})$.

Лит. см. при ст. Бора трифторид.

П. И. Федоров.

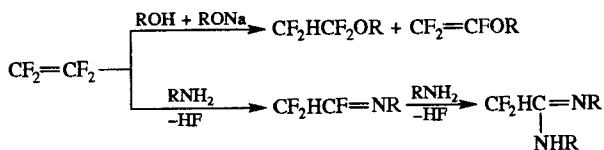
ФТОРОЛЕФИНЫ, олефины, в к-рых один или неск. атомов H замещены атомами F. Наиб. значение имеют перфторолефины (все атомы H замещены на F). Ф.- газы либо жидкости с низкой т-рой кипения (табл.), не раств. в воде, раств. в орг. р-рителях.

СВОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ФТОРОЛЕФИНОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. кип., °C	Т. само-воспл.	КПВ (%) по объему	ПДК* (мг/м³)
Фторэтилен $\text{CF}_2=\text{CH}_2$	46,04	-160,5	-72,2	460	2,9-28,9	—
1,1-Дифторэтилен $\text{CF}_2=\text{CH}_2$	64,03	-144	-83,7	480	5,5-21,3	500
Трифторэтилен** $\text{CF}_2=\text{CFH}$	82,02	—	-60,4	317	15,3-27	~1
Тетрафторэтилен $\text{CF}_2=\text{CF}_2$	100,02	-131,15	-76,3	780	13,4-46,4	30
Гексафторпропилен $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CF}_2$	150,02	-156,2	-29,4	510	15-20	5
1,1,3,3,3-Пентафторпропилен $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CF}_2$	132,03	-153	-20,7	—	—	—
3,3,3-Трифторпропилен $\text{CF}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	96,05	-145	-25,5	499	4,7-13,5	3000
Трифторхлорэтилен $\text{CF}_2=\text{CFCl}$	116,47	-154,9	-27,8	600	28,5-35,2	5
Октафторизобутилен $(\text{CF}_3)_2\text{C}=\text{CF}_2$	200,03	-130	6,1	—	—	0,1

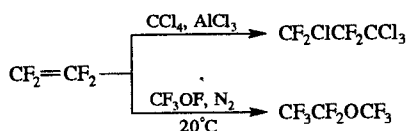
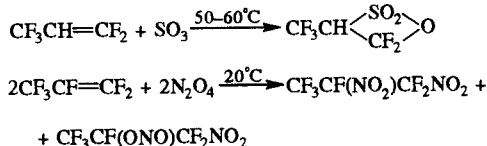
* В воздухе рабочей зоны. ** n_D^{72} 1,3011.

В отличие от нефторир. олефинов, Ф. легко реагируют с нуклеофилами, образуя продукты присоединения и замещения, напр.:

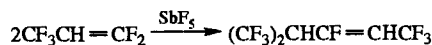


Р-ции с электрофилами, напротив, протекают труднее. Галогены и галогеноводороды присоединяются к Ф. при УФ облучении или при повышенной т-ре в присут. катализаторов (напр., Cr_2O_3).

Ф. присоединяют по двойной связи неорг. оксиды, галогеналканы и галогеналкены, гипохлориты и др., напр.:

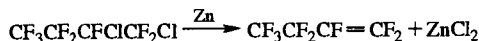
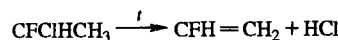


При УФ облучении или в присут. катализаторов Ф. димеризуются, напр.:



Полимеризация Ф. протекает, как правило, в водной среде в присут. инициаторов при повышенных т-ре и давлении с образованием фторопластов.

Осн. пром. метод получения Ф.- пиролиз фторхлоруглеводородов при 750-850 °C либо дегалогенирование вицинальных полигалогеналканов металлами в метилформамиде, воде, спиртах, ТГФ и др., напр.:



Ф. образуются также при декарбоксилировании солей фторир. карбоновых к-т:



Ф.- сырье для получения термостойких и химически стойких полимеров.

Лит.: Фтор и его соединения, под ред. Дж. Саймонса, пер. с англ., т. 1-2, М., 1953-56; Ловлейс А., Роуч Д., Постельник Ч., Аليفатические фторсодержащие соединения, пер. с англ., М., 1961; Шепард У., Шаркс К., Органическая химия фтора, пер. с англ., М., 1972; Исканова Н., Кобаяси Е., Фтор. Химия и применение, пер. с япон., М., 1982; Промышленные фторорганические продукты. Справочник, Л., 1990. Б. Н. Максимов.

ФТОРОПЛАСТОВЫЕ ЛАКИ, лаки на основе растворимых сополимеров фторолефинов с др. виниловыми мономерами. Наиб. часто используют низкомол. сополимер трихлорфторэтилена с винилиденфторидом. Р-рители - смеси сложных эфиров и(или) кетонов, разбавители - ароматич. углеводороды.

Ф.л. наносят на очищенную и обезжиренную пов-сть пневматич. распылением или окунанием. Сушат при т-рах от комнатной до 270 °C. Толщина одного слоя Ф.л. обычно 5-10 мкм. На металл и стеклопластики наносят, как правило, 3-5 слоев, на ткани и пленки - 2-3 слоя с предварит. сушкой каждого предыдущего слоя.

Св-ва фторопластовых покрытий в значит. степени определяются т-рой сушки. Для покрытий холодной и сушки, к-рые образуются в результате улетучивания р-рителя, характерна низкая адгезия к защищаемым пов-стям; в таких случаях на пов-сть, напр. металла, предварительно наносят грунтовки (эпоксидную, полиакриловую, фосфатирующую, поливинилбутиральную и др.), а затем покрывают Ф.л. Покрытия горячей сушки, образующиеся в результате улетучивания р-рителя с послед. плавлением пленкообразователя, отличаются хорошей адгезией к металлич. пов-стям. Такие покрытия характеризуются низкой влагопроницаемостью, высокими водо-, атмосферо- и морозостойкостью, устойчивостью к действию H_2SO_4 , водных р-ров HCl и HF , морской воды, бензина, минер. масел.

Т-ра эксплуатации покрытий из Ф.л. от -60 до 150 °C (кратковременно - до 250 °C).

Для произ-ва пигментированных эмалей и грунтовок в Ф.л. добавляют неорг. или орг. пигменты (TiO_2 , Cr_2O_3 , пигмент голубой фталоцианиновый и др.) и наполнители (тапк., молотая слюда, MoS_2 и др.); содержание сухого остатка в эмалих 15-30%, в грунтовках - до 45%.

Применяют Ф.л., а также эмали и грунтовки на их основе для защиты деталей и изделий, эксплуатируемых в любых климатич. зонах в условиях воздействия агрессивных сред, солнечной и ионизирующей радиации. С целью гидрофобизации и повышения атмосферостойкости Ф.л. часто наносят поверх покрытий на основе др. пленкообразователей, напр. полиакрилатов.

Лит.: Санников С. Г. [и др.], в сб.: Полимеризационные пластмассы, Л., 1992. См. также лит. при ст. Фторопласты. В. В. Коваленко.

ФТОРОПЛАСТЫ (фторлоны), техн. назв. полимеров фторолефинов. Наиб. распространены политетрафторэтилен, политрифторхлорэтилен, поливинилиденфторид, а также сополимеры тетрафторэтилена (ТФЭ) с этиленом, винилиденфто-

ОСНОВНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ФТОРОПЛАСТЫ

Наименование (марка)	Формула	Мол. м., тыс.	Плотн., г/см ³	Т. пл., °С	Т. стекл., °С	Т. разл., °С	$\sigma_{\text{раст.}}$, МПа	ρ_v , Ом·м	Т-ра эксплуата-ции, °С
Политетрафторэтилен (фторопласт-4, тефлон, полифлон, алыгофлон, флюон)	$-(CF_2CF_2)_n-$	50–10000	2,15–2,24	270–327	127	425	13–35	10^{17} – 10^{18}	От –260 до 260
Политрифторхлорэтилен (фторопласт-3, дайфлон, кель Р*)	$-(CF_2CFCl)_n-$	50–200	2,09–2,16	210–215	50	320	27–35	10^{15} – 10^{17}	От –195 до 190
Поливинилиденфторид (фторопласт-2, кайнар, КР полимер)	$-(CH_2CF_2)_n-$	50–200	1,78	150–175	От –20 до –30	400	44–55	10^{10} – 10^{13}	От –45 до 150
Сополимер ТФЭ с этиленом (фторопласт-40, тефсел, неофлон ETFE, хостафлон ЕТ)	$-(CF_2CF_2CH_2CH_2)_n-$	50–100	1,7	265–275	–90	400	35–50	10^{16}	От –200 до 200
Сополимер ТФЭ с винилиденфторидом (фторопласт-42)	$-(CF_2CF_2)_n-(CH_2CF_2)_m-$	50–100	1,9	150–160	–45	360	35	—	От –60 до 120
Сополимер ТФЭ с гексафторпропиленом (фторопласт-4МБ, тефлон FEP, хостафлон FEP)	$-(CF_2CF_2)_n(CF_2CF)_m-$ CF_3	50–200	2,16	270–290	–90	380	22–32	10^{18}	От –180 до 250
Сополимер ТФЭ с перфторвинилпропиловым эфиром (фторопласт-50, тефлон PFA)	$-(CF_2CF_2)_nCF_2CF_2-$ OC_3F_7	До 100	2,15–2,18	300–310	–90	450–480	15–32	10^{18}	От –200 до 260

* n_p^{20} 1,43.

ридом, гексафторпропиленом, перфторалкилвиниловыми эфирами и сополимеры хлортрифторэтилена с этиленом.

Ф. характеризуются широким диапазоном мех. св-в, хорошими диэлектрич. св-вами (табл.), высокой электр. прочностью, низким коэф. трения; стойки к действию разл. агрессивных сред при комнатной и повышенной т-ре, атмосферо-, коррозионно- и радиационностойки, слабо газопроницаемы, негорючи или самозатухают при возгорании. Плохо раств. или не раств. во мн. орг. р-рителях, не раств. в воде. Так, политрифторхлорэтилен раств. только в мезитиле и 2,5-дихлорбензотрифториде, поливинилиденфторид – в ДМСО, ДМФА, кетонах, сополимеры ТФЭ с винилиденфторидом – в кетонах и сложных эфирах.

Получают Ф. гл. обр. радикальной полимеризацией (или сополимеризацией) мономеров в массе, суспензии или эмульсии в орг. или водной среде в присут. разл. инициаторов, реже – в газовой фазе под действием ионизирующего или УФ излучения. Выпускают Ф. в виде паст, порошков, гранул, суспензий и дисперсий в водной среде, реже – р-ров. Перерабатывают многие Ф. по обычной технологии (см. *Полимерных материалов переработка*); для политетрафторэтилена используют технологию порошковой металлургии или получения керамики.

Из Ф. изготавливают листы, пленки, волокна, трубы, шланги, изоляцию для проводов и кабелей, радио- и электротехн. детали, коррозионностойкие контейнеры, хим. реакторы, теплообменники и лаб. посуду, конструкц. детали, протезы органов человека, мембраны, металлопласты, лакокрасочные материалы; низкомол. Ф. (мол. м. до 20 тыс.) – сухие смазки, компоненты антифрикц. материалов, наполнители пластмасс и каучуков; р-ры Ф. – пропиточный материал для тканей, работающих в агрессивных средах. Объем мирового произ-ва ок. 75 тыс. т в год (1989).

Лит.: Паншин Ю. А., Малкевич С. Г., Дунаевская В. С., Фторопласты, Л., 1978; Фторопласты. Каталог, Черкассы, 1983; Пугачев А. К., Росяков О. А., Переработка фторопластов в изделия. Технология и оборудование, Л., 1987; Соединения фтора. Синтез и применение, под ред. Н. Искандера, пер. с япон., М., 1990. В. В. Коноваленко.

ФТОРОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, содержат в молекуле связи С—F. В зависимости от числа атомов F в молекуле Ф. с. условно разделяют на монофторированные, полифторированные и перфторированные (все атомы H замещены на F).

Первые Ф. с. были синтезированы в 19 в., интенсивное развитие химии этих соед. приходится на 40-е гг. 19 в. Среди Ф. с. представлены аналоги почти всех типов орг. соед.

Введение атома F часто резко изменяет св-ва орг. соед. Это обусловлено природой атома фтора: его высокой электроотрицательностью, малым размером атома (ван-дер-ваальсовский радиус всего на 10% больше, чем у H), способностью электронов к разл. типам сопряжения. Связь С—F характеризуется малым межатомным расстоянием, энергия связи превышает энергию связей С—H и С—Cl. Общее св-во Ф. с. – уменьшение межатомного расстояния с увеличением числа атомов F в молекуле.

При замещении атомов H на F мол. масса орг. соед. значительно увеличивается, а т-ры кипения и плавления почти не изменяются (напр., у гексафторбензола т. кип. 80 °С). Перфторалканы (часто наз. *фторуглероды*), начиная с C₅, кипят при более низкой т-ре, чем соответствующие алканы. Плотность и вязкость у них выше, а показатель преломления и диэлектрич. проницаемость ниже, чем у соответствующих углеводородов. Атомы F изменяют электронную плотность в молекуле Ф. с., что приводит к изменению кислотных св-в и даже к обращению полярности двойной связи (CH₃—CH=CH₂ и CF₃—CH=CH₂). Высокая энергия связи С—F, а также плотная и объемная оболочка из атомов F, изолирующая углеродную цепь от внеш. хим. воздействий, способствуют высокой термо- и хим. стойкости Ф. с.

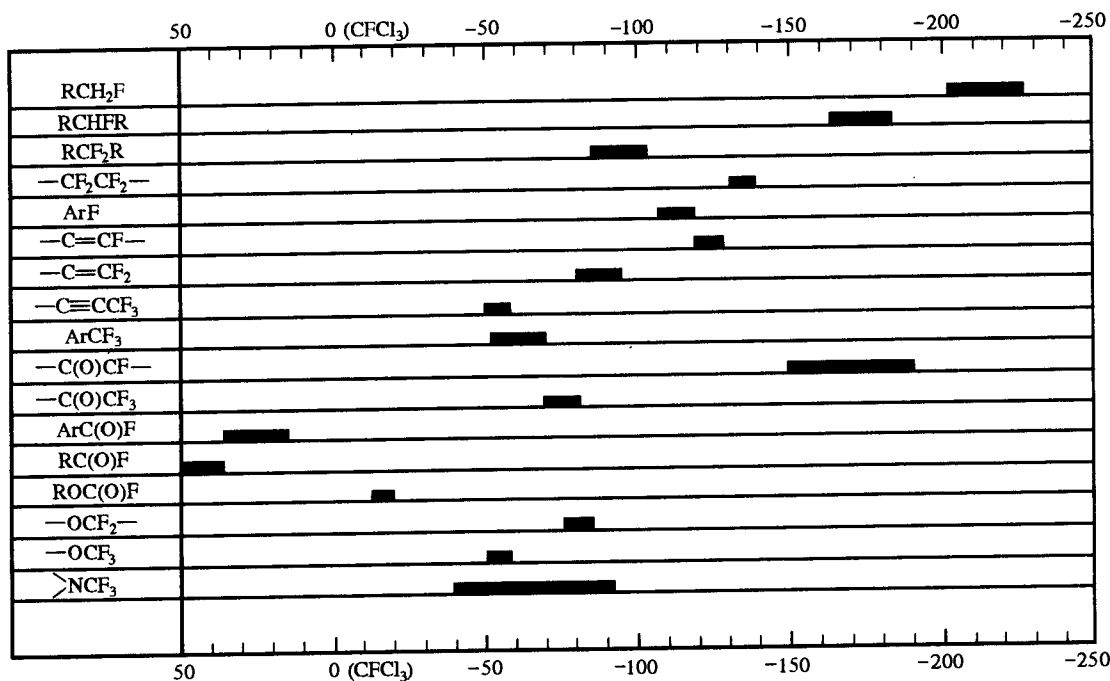
В ИК спектрах Ф. с. присутствует характеристич. полоса при 1300–1000 см^{–1}, соответствующая валентным колебаниям связи С—F, диапазоны хим. сдвигов Ф. с. в спектрах ЯМР ¹⁹F представлены на рис. В масс-спектрах перфторалкилсодержащих соед., прежде всего перфторалканов, фторир. эфиров, перфтор-1,3-дикетонов и др., наблюдается пик иона CF₂⁺ с мол. м. 69. Другие ионы-гомологи, как правило, не дают интенсивных пиков.

Хим. св-ва Ф. с. определяются природой углеродного скелета и наличием атома F. Фторуглероды химически инертны и термически устойчивы. При обычной т-ре они подвергаются только действию Na в NH₃, разлагаются щелочными металлами, и SiO₂ при 400–500 °С, термич. разложение начинается при 700–800 °С. Также инертны простые фторир. эфиры и фторир. третичные амины. Ненасыщ. фторир. системы (*фторолефины*, *гексафторбензол*) высокореакционноспособны, причем по характеру взаимод. с другими соед. они резко отличаются от олефинов и ароматич. соед. Они легко реаги-

руют с нуклеоф. соед. (спиртами, аминами, NH_3), вступают в р-ции циклодимеризации и циклоприсоединения, что не типично для олефинов. По отношению к сильным электрофилам фторолефины ведут себя как нуклеофилы. Реагируют с в-вами, образующими своб. радикалы (напр., N_2O_4 , FNO , N_2F_4 , CF_3I). Нек-рые фторолефины (напр., тетрафторэтилен) легко полимеризуются (см. *Фторопласты*); гексафторпропилен не образует гомополимеров, но сополимеризуется с рядом фторолефинов, перфторизобутилен не полимеризуется и не сополимеризуется.

инертны и термически стабильны. Они не образуют солей или комплексов с сильными к-тами и не подвергаются действию большинства окислителей. В перфторир. *трет*-аминах [напр., $\text{N}(\text{C}_4\text{F}_9)_3$] хорошо раств. O_2 , N_2 и CO_2 , что позволяет использовать их как газопереносящие среды в рецептурах «искусственной крови».

В ароматич. ядре атом F направляет заместитель в *пара*-положение, перфторалкильные группы – в *мета*-положение. При р-ции фторсодержащих ароматич. соед. с нуклеофилами сначала замещается один атом F, а затем второй – в *пара*-по-



Химические сдвиги в спектрах ЯМР ^{19}F .

Атом F в молекуле сильно влияет на св-ва расположенных рядом с ним функц. групп. Карбонильная группа в частично и полностью фторир. альдегидах и кетонах является электронодефицитной, поэтому эти соед. более реакционноспособны по отношению к нуклеофилам и более пассивны по отношению к электрофилам, чем их углеводородные аналоги (см., напр., *Гексафторацетон*). Для частично фторир. альдегидов и кетонов характерны высокое содержание енольных форм и склонность к образованию внутрикомплексных соед. (см. *Полифтор-β-дикетоны*).

Первичные и вторичные спирты, содержащие группу OH непосредственно у фторир. атома C, как правило, нестабильны; теряя HF, они превращаются во фторкарбонильные соед. Спирты ф-лы $\text{R}_n\text{CH}_2\text{OH}$ (R_n – перфторир. радикал) стабильны. Фторир. спирты обладают более кислыми св-вами, чем их углеводородные аналоги. Благодаря склонности к образованию водородной связи фторир. спирты образуют прочные комплексы с акцепторами протона и служат р-рителями для полярных полимеров (см. *Спирты полифторированные*).

Гетероатомы (N, O, S), связанные с фторалкильной группой, теряют большую часть своей основности. Насыщенные алифатич. и циклич. перфторэфиры, за исключением перфторэпоксидов, химически и термически стабильны; перфторэпоксиды высокореакционноспособны (см. *Перфторолефинов окиси*).

Присутствие атома F в карбоновых к-тах повышает их кислотность. Так, для CF_3COOH pK_a 0,23 (для CH_3COOH pK_a 4,74). Введение атома F в амины уменьшает их основность. Перфторир. *трет*-амины, подобно перфторир. эфирам,

ложение к первому. Пентафторбензол образует магнийорг. соед., вступающее обычным образом в р-ции Гриньяра. Из ароматич. соед., содержащих F в боковой цепи, наиб. значение имеют бензотрифториды, применяемые для синтеза стойких красителей, фармацевтич. препаратов и пестицидов.

О способах введения атома F в орг. соед. см. *Фторирование*.

Атом F благодаря близости по размеру атому H может имитировать последний в живом организме. Вследствие этого многие частично фторир. орг. соед. обладают физиол. активностью и используются при создании новых лек. препаратов и пестицидов. Так, гексафторбензол исследован как ингаляционный анестетик в ветеринарии; фторбензол, дифторбензол, полициклич. фторароматич. соед. – полупродукты в синтезе фармацевтич. и пестицидных препаратов; 5-фторурацил используется в химиотерапии рака.

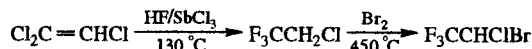
Ф. с. применяют во мн. областях пром-сти: на основе фторопластов получают промышленно важные *фторволокна* и *фторкаучуки*, из фторангидридов карбоновых и сульфокислот и олигомеров гексафторэтилена – *фторированные поверхностно-активные вещества*. Ф. с. используют как стойкие смазочные, антифрикционные, изолирующие, водо- и маслоотталкивающие материалы; насыщ. алифатич. Ф. с. – хладагенты (см. *Хладоны*).

Ф. с. служат для изучения фундам. теоретич. вопросов химии: природы кратной и водородной связи, механизма р-ций, природы межмолекул. сил и др.

Лит.: Шепард У., Шартс К., Органическая химия фтора, пер. с англ., М., 1972.

А. В. Фокин.

ФТОРОСИЛИКАТЫ, соединения, содержащие анионы SiF_6^{2-} (гексафторосиликаты) или SiF_5^- (пентафторосиликаты; $\text{L} = \text{H}_2\text{O}, \text{NH}_3, \text{RNH}_2, \text{R}_2\text{NH}$ и др.). К Ф. (табл.) относятся также соед., содержащие одновременно анионы SiF_6^{2-} и F^- (гептафторосиликаты), SiF_6^{2-} и SiF_5^- (ундекафтородисиликаты и



Ф. применяют как ср-во для ингаляционного наркоза. Он легко всасывается и быстро выводится из организма. Негорюч, невзрывоопасен, не раздражает слизистые оболочки и слабо

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ФТОРОСИЛИКАТОВ

Соединение	Сингония	Параметры элементарной ячейки				Число формульных единиц в ячейке	Т. пл., °C	Т-ра полиморфного перехода, °C	C_p^0 , Дж/(моль·К)	$\Delta H_{\text{обр}}^0$, кДж/моль	S_{298}^0 , Дж/(моль·К)
		a, нм	b, нм	c, нм	угол, град						
Na_2SiF_6	Гексагон.	—	—	—	—	—	846	646	—	-2913	—
K_2SiF_6	Кубич.	0,8184	—	—	—	4	873	—	219,0	-2946	—
K_2SiF_6	Тетрагон.	0,7721	—	0,5565	—	—	Разлагается		—	—	—
$\text{MgSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Моноклинная	0,646	0,9524	0,846	99,04	2	»	25	431	-4579	415,0
BaSiF_6	Гексагон.	0,7168	—	0,6995	—	3	»	—	—	-2937	—
$\text{CaSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	»	1,813	—	0,9787	—	12	»	23	—	—	—
$\text{MnSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	»	0,970	—	0,980	—	3	»	-37	455,3	—	453,2
$\text{FeSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Тригон.	0,642	—	—	96,98	1	»	-49	447,9	—	—
$\text{CoSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	»	0,627	—	—	96,02	1	»	-8,3	446,6	—	—
$\text{NiSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Гексагон.	0,8298	—	0,8523	—	3	»	—	428,1	—	415,2

гексадекафторотрисиликаты). Наиб. значение имеют гексафторосиликаты — соли кремнефтористоводородной кислоты, к-рые известны для одно- и двухзарядных ионов металлов, однозарядных ионов типа NH_4^+ , N_2H_5^+ , NF_4^+ , а также нек-рых трехзарядных ионов. Могут содержать смешанные катионы, напр. NaKSiF_6 , KRbSiF_6 . Твердая кремнефтористоводородная к-та — гексафторосиликат оксония $(\text{H}_3\text{O})_2\text{SiF}_6$. Гексафторосиликаты двухзарядных металлов образуют ди-, тетра- или гексагидраты.

Общее св-во безводных Ф. — способность к термич. разложению до простых фторидов при сравнительно невысоких т-рах. В р-рах Ф. подвергаются щелочному гидролизу с образованием гидратированного SiO_2 или силикатов и фторидов металлов. При взаимодей. с сильными конц. к-тами Ф. разлагаются с выделением HF и SiF_4 . Выше 500–600 °C Ф. подвергаются пирогириролизу. Осн. способы получения Ф. — осаждение из р-ров кремнефтористоводородной к-ты действием солей металлов или обменными р-циями в р-рах.

Гексафторосиликат натрия Na_2SiF_6 разлагается ок. 570 °C, хорошо раств. в воде (7,62 г/л при 25 °C); в природе — редкий минерал маллордит; применяют для получения NaF , Na_2AlF_6 , K_2SiF_6 , NH_4F и CaF_2 , как компонент флюсов для сварки и пайки металлов, эмалей, р-ров для травления стекла, фторореагент, реагент для фторирования воды и концентратов Be , для получения Si электроосаждением из фторидных расплавов или аллюминотермией.

Гексафторосиликат калия K_2SiF_6 разлагается ок. 700 °C с образованием на промежут. стадии K_3SiF_7 , плохо раств. в воде (0,12% по массе при 20 °C); в природе — редкий минерал гиератит; применяют как реагент для фторирования цирконовых концентратов и электроосаждения Si из фторидных расплавов, компонент смесей для получения синтетич. слюд, эмалей и кислотостойких замазков.

Разл. Ф. используют как консерванты древесины (Ф. натрия, К, Mg, Ba, Zn, Cu), компоненты бетона (Ф. натрия, К, Mg, Ba, Zn), р-ров для рафинирования цветных металлов (Ф. меди, Pb, Co и др.).

См. также *Аммоний гексафторосиликат*.

Э. Г. Раков.

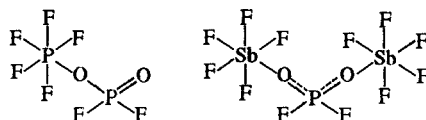
ФТОРОТАН (2-бром-1,1,1-трифтор-2-хлорэтан) $\text{F}_3\text{CClCH}_2\text{Br}$, мол. м. 197,39; бесцв. прозрачная подвижная легко летучая жидкость со жгучим сладковатым запахом и вкусом; т. кип. 50,2 °C, плотн. 1,872 г/см³ (для фармакопейного препарата соотв. 49–51 °C и 1,865–1,870 г/см³), n_D^{20} 1,3691, давление пара при 20 °C $3,22 \cdot 10^4$ Па; плохо раств. в воде (0,345%), смешивается с орг. р-рителями и маслами. Растворяет резину, в присут. воды реагирует со мн. металлами. Для предотвращения разложения под действием света к Ф. добавляют 0,01% тимола и хранят препарат в сосудах из оранжевого стекла. Получают Ф. по схеме:

влияет на функцию почек (т. к. гидролитически устойчив: метаболиты — трифторуксусная к-та, Br^- , Cl^-). Л. Н. Койков.

ФТОРОФОСФАТЫ, соединения, содержащие анионы гексафторофосфорной PF_6^- , дифторофосфорной HPO_2F_2 и монофторофосфорной $\text{H}_2\text{PO}_2\text{F}$ к-т. Ф. щелочных, щел.-зем. и др. двухвалентных металлов — типичные соли. Гексафторофосфаты Li, Na и NH_4^+ хорошо раств. в воде, К — умеренно, Rb и Cs — плохо. Дифторофосфаты и монофторофосфаты щелочных металлов и аммония хорошо раств. в воде, Ф. щел.-зем. и др. двухвалентных металлов — плохо. Дифторофосфаты щелочных металлов плавятся при 200–300 °C, а монофторофосфаты — при 600–800 °C.

Гексафторофосфат-ион PF_6^- в р-рах солей представляет собой правильный октаэдр. В кристаллич. солях атомы фтора в PF_6^- неэквивалентны. По данным рентгеноструктурного анализа, длины связей 2 аксиальных атомов F с атомом P неск. увеличены по сравнению со связями 4 экваториальных.

Анионы PO_2F_2^- и PO_2F_2^- , в отличие от PF_6^- , могут не только входить в состав солей, но и образовывать с к-тами Льюиса комплексные соед., устойчивые в орг. р-рителях. Напр., в р-циях с PF_3 и AsF_3 анион PO_2F_2^- выступает в роли монодентатного лиганда, а с более сильной к-той, напр., SbF_5 , — в качестве мостиковой группы:



Ф. получают взаимодей. PF_3 или PCl_5 с фторидами металлов во фтористоводородной к-те или в орг. р-рителях, а также сплавлением P_2O_5 или фосфатов с соответствующими фторидами. Практич. значение имеют монофторофосфаты как компоненты спец. стекл и зубных паст и гексафторофосфаты как компоненты электролитов хим. источников тока.

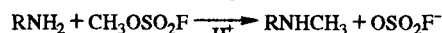
Лит.: Буслаев Ю. А., Ильин Е. Г., в кн.: *Итоги науки и техники, сер. Неорганическая химия*, т. 16, М., 1987.

Е. Г. Ильин.

ФТОРСИЛОКСА́НОВЫЕ КАУЧУ́КИ, см. *Кремнийорганические каучуки*.

ФТОРСУЛЬФО́НОВОЙ КИСЛОТЫ ЭФИ́РЫ (орг. фторсульфаты), соед. общей ф-лы ROSO_2F (R — орг. остаток). Низшие перфторир. эфиры — газы, остальные — жидкости или твердые в-ва (табл.), плохо раств. в воде, хорошо — в орг. р-рителях. Соединения, где R — вторичный алкил, неустойчивы.

Р-ции ROSO_2F с аминами, амидами, простыми эфирами и СН-кислотами в присут. оснований приводят к соответствующим алкилпроизводным, напр.:



СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЭФИРОВ
ФТОРСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ

Соединение	Мол. м.	Т. кип., °С	d_4^{20}	n_D^{20}
Метилфторсульфат $\text{CH}_3\text{OSO}_2\text{F}$	114,10	92–94	1,4256	1,3435
Этилфторсульфат $\text{C}_2\text{H}_5\text{OSO}_2\text{F}$	128,12	111–113	1,2678	1,3512
Пропилфторсульфат $\text{C}_3\text{H}_7\text{OSO}_2\text{F}$	142,15	49–50*	1,1890	1,3612
Трифторметилфторсульфат $\text{CF}_3\text{OSO}_2\text{F}$	168,07	От –4 до –3	—	—
1,1-Дифторэтилфторсульфат $\text{CH}_3\text{CF}_2\text{OSO}_2\text{F}$	164,11	77–78	1,4790	1,3129
Трифторэтилфторсульфат $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{OSO}_2\text{F}$	180,08	20,5–21	1,7000	<1,3000

* При 35 мм рт. ст.

При действии на енольные формы кетонов образуются продукты их О-алкилирования (арилирования).

Получают ROSO_2F обработкой фторсульфоновой к-той простых эфиров, диалкилсульфатов, олефинов или углеводородов, содержащих подвижные атомы водорода; взаимодей. HSO_3F или HalOSO_2F ($\text{Hal} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}$) с фторолефинами или полифторалкилгалогенидами; р-циями SO_3 с перфторолефинами или их оксидами в присут. BF_3 либо SbF_5 .

Ф. к. э. – алкилирующие агенты, полупродукты при получении нек-рых полимерных ионообменных смол и мембран.

Ф. к. э. высокотоксичны для теплокровных при любых путях поступления в организм; вызывают поражения кожных покровов.

Лит.: Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, пер. с англ., т. 6–7, М., 1975–78; Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, 4 Aufl., Bd E 11/2, Stuttgart, 1985. И. И. Крылов.

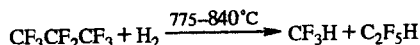
ФТОРТЕНЗИДЫ, то же, что фторированные поверхностно-активные вещества.

ФТОРУГЛЕРОДЫ (перфторуглеводороды), углеводороды, в к-рых все атомы H замещены на атомы F. В названиях Ф. часто используют приставку «перфтор» или символ «F», напр. $(\text{CF}_3)_3\text{CF}$ – перфторизобутан, или F-изобутан. Низшие Ф. – бесцв. газы (до C_3) или жидкости (табл.), не раств. в воде, раств. в углеводородах, плохо – в полярных орг. р-рителях. Ф. отличаются от соответствующих углеводородов большей плотностью и, как правило, более низкими значениями т-ры кипения, n_D , γ , ϵ . Высшие и особенно полициклич. Ф. обладают аномально высокой способностью растворять газы, напр. O_2 , CO_2 .

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФТОРУГЛЕРОДОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d_4^{20} (°С)	n_D^{20} (°С)
Перфторметан CF_4	88,01	–183,6	–128,0	1,317 (–80)	1,151 (–73,3)
Перфторэтан CF_3CF_3	138,01	–100,0	–78,2	1,587 (–73)	1,206 (–73,3)
Перфторпропан $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_3$	188,02	–148,3	–36,8	1,350 (20)	—
Перфторбутан $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_2\text{CF}_3$	238,03	–128,0	–2,0	1,543	—
Перфторпентан $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_3\text{CF}_3$	288,04	–125,0	29,3	1,620 (20)	1,2411 (20)
Перфторгексан $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_4\text{CF}_3$	338,04	–82,3	57,2	1,680 (25)	1,2515 (22)
Перфторгептан $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_5\text{CF}_3$	388,05	–78,0	82,5	1,733 (20)	1,262 (20)
Перфтороктан $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_6\text{CF}_3$	438,06	–25	104,0	1,783 (20)	—

Насыщ. Ф. устойчивы к действию к-т, щелочей, окислителей; при нагр. выше 600–800 °С или в условиях радиолитического разлагаются с образованием смеси низших и высших Ф. С щелочными металлами реагируют только при нагр. выше 200 °С или при 20 °С в жидком NH_3 . Гидрогенолиз Ф. при 700–950 °С приводит к расщеплению связи С–С и образованию смеси низших моногидрополифторалканов, напр.:



Получают Ф. электрохим. фторированием углеводородов, фторированием углеводородов в газовой фазе в присут. CoF_3 либо хлорфторалканов фторидами разл. переходных металлов.

Ф. могут быть получены также пиролизом полифторалканов при 500–1000 °С или полифторолефинов при 900–1700 °С либо действием Zn на перфтороидалканы в среде апротонного полярного р-рителя.

Ф. – диэлектрики, теплоносители, гидравлич. жидкости, смазочные масла, низкотемпературные хладагенты (см. Хладагенты), мономеры в произ-ве фторполимеров, эффективные газопереносящие среды, что позволяет использовать их в качестве искусств. крови.

Многие Ф. труднотлеющие, невзрывоопасны, малотоксичны. См. также Перфтордекалин, Перфторизобутилен, Перфторциклобутан, Перфторциклобутен.

Лит.: Новое в технологии соединений фтора, пер. с япон., М., 1984; Соединения фтора. Синтез и применение, под ред. Н. И. Исикавы, пер. с япон., М., 1990; Промышленные фторорганические продукты, Справочник, Л., 1990. И. И. Крылов.

ФТОРУКСУСНАЯ КИСЛОТА (монофторуксусная к-та) FCH_2COOH , мол. м. 78,05; бесцв. кристаллы с резким запахом; т. пл. 33,0 °С, т. кип. 165,1 °С; $\Delta H_{\text{исп}}^\circ$ 83,89 кДж/моль; $\Delta H_{\text{обр}}^\circ$ –715,8 кДж/моль; pK_a 2,20 (вода, 25 °С); раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире и др. орг. р-рителях. Эфиры и соли Ф. к. наз. фторацетатами. Соли Ф. к. (K, Na, Ba) хорошо раств. в воде.

В природе Ф. к. (в виде К-соли) содержится в листьях южноафриканского растения *Dichapetalum sumosum*.

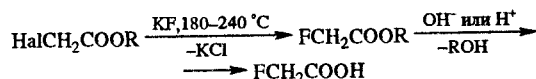
По хим. св-вам Ф. к. – типичный представитель алифатич. карбоновых кислот; образует эфиры, галогенангидриды, амиды, ангидрид и др. (табл.). Атом F в молекуле Ф. к. малоподвижен; при длительном кипячении Ф. к. и ее производных в воде отщепляется незначит. кол-во ионов F, а обработка 10%-ным р-ром NaOH приводит лишь к частичному омылению до гликолевой к-ты.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФТОРУКСУСНОЙ
КИСЛОТЫ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d_4^{20}	n_D^{20}
Метилфторацетат $\text{FCH}_2\text{COOCH}_3$	92,073	–35,0	104,5	1,1744	1,3679
Этилфторацетат $\text{FCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$	106,10	—	119,3	1,0980	1,3750
2-Фторэтилфторацетат $\text{FCH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{F}$	124,092	—	79–80*	1,2862	1,3900
Фторацетилхлорид FCH_2COCl	96,538	—	71,5–72	1,3530	1,3831
Ангидрид фторуксусной к-ты $(\text{FCH}_2\text{CO})_2\text{O}$	138,076	—	88–89*	—	—
Фторацетамид $\text{FCH}_2\text{CONH}_2$	77,054	107,5–108	—	—	—
Фторацетонитрил FCH_2CN	59,038	—	79,5–80	1,0730*	—

* При 35 мм рт. ст. * При 12 мм рт. ст. * При 15 °С.

Получают Ф. к. замещением атомов галогенов в эфирах хлор- и бромуксусных к-т на F с послед. гидролизом образующихся эфиров:



Фторацетамид, щелочные и щел.-зем. соли Ф. к. используют в качестве родентицидов (см. Зооциды).

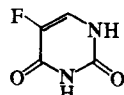
Ф. к. – биологически активное соедин., действие к-рого связано с блокированием цикла трикарбоновых к-т; в виде фторацетил-КоА (КоА – кофермент А) включается в процесс синтеза монофторлимонной к-ты (вместо лимонной), что приводит к ингибированию аконитазы – фермента, обеспечивающего следующий процесс цикла – превращение лимонной к-ты в изолимонную.

Ф. к. и ее производные высокотоксичны, применение их в качестве родентицидов в жилых и обществ. помещениях запрещено; ЛД₅₀ от 0,22 до 4 мг/кг (мыши), смертельная доза Na-соли Ф. к. при попадании в организм человека до 50 мг.

Лит.: Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 10, N. Y., 1980, p. 829-962.

И. Н. Крылов.

ФТОРУРАЦИЛ (2,4-диоксо-5-фторпиримидин, 5-фторурацил), мол. м. 130,08; бесцв. кристаллы; т. пл. 282–284 °С (с разл.); плохо раств. в воде и этаноле, хорошо – в 0,1 н. р-ре щелочи и горячей воде. Получают в неск. стадий из этилфтор-ацетата; прямым фторированием (с помощью F₂ или CF₃OF) урацила.



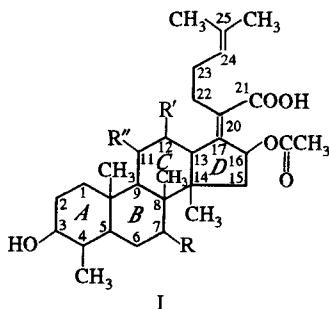
Ф. относится к противоопухолевым препаратам – антиметаболитам пиримидинового обмена. В организме метаболизирует с образованием ингибитора тимидилатсинтетазы –

5-фтор-2-дезоксисуридин-5-монофосфата, подавляющего метилирование уридилловой к-ты (до тимидиловой к-ты), что нарушает синтез нуклеиновых к-т. Препарат угнетает дыхание и процесс гликолиза опухолевых клеток, снижает активность деполимераз нуклеиновых к-т. Дезоксирибонуклеотид, содержащий в качестве основания Ф., включается в РНК, вызывая в ней необратимые нарушения, повреждает структуры мембран.

Лит.: Проценко Л. Д., Булкина З. П., Химия и фармакология синтетических противоопухолевых препаратов, К., 1985, с. 179. А. С. Соколова.

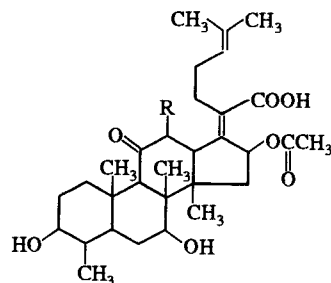
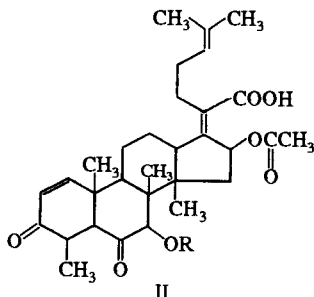
ФУГИТИВНОСТЬ, то же, что летучесть.

ФУЗИДИЕВАЯ КИСЛОТА (ф-ла I; R = R' = H, R'' = OH), мол. м. 516,72; бесцв. кристаллы; плохо раств. в воде, лучше в этаноле; pK_a 7,25 и 5,8 соотв. в 80%-ном этаноле и воде. В УФ спектре Ф. к. имеет максимум поглощения при 220 нм (ε₂₂₀ 8·10³, этанол); в ИК спектрах полосы поглощения при 3420, 3510, 1697, 1725, 1260 см⁻¹.



Ф. к. – антибиотик, выделяемый из культуральной жидкости гриба *Fusidium coccineum*. В пром-сти Ф. к. экстрагируют из фильтрата культуральной жидкости орг. р-рителем, рекстрагируют водным щелочным р-ром и кристаллизуют из концент-трир. рекстракта.

Ф. к. близка по строению к стероидам. 4 кольца циклич. системы Ф. к. находятся в *транс-син-транс-анти*-положении, что придает кольцу В конформацию «ванны», в то время как кольца А и С имеют конформацию «кресла». Наиб. близки по строению к Ф. к. такие антибиотики, как гелволевая [II; R = C(O)CH₃] и гелволиновая (II; R = H) к-ты, а



III

также виридоминовые к-ты А (III; R = H), В (III; R = OH) и С (I; R = OH, R' = R'' = H).

В мед. практике применяют Ф. к. и ее натриевую (фузидин-натрий, фузидат натрия, фузидин, рамицин) и диэтанол-аммониевую соли, к-рые представляют собой бесцв. кристаллы, хорошо растворимые в воде и этаноле.

Ф. к. активна гл. обр. в отношении грамположит. микроорганизмов (стафилококки, менингококки, гонококки). Она подавляет гидролиз гуанозинтрифосфата, препятствуя диссоциации образующегося при этом комплекса, включающего рибосомы, G-фактор и гуанозиндифосфат. Ф. к. может оказывать противовирусное действие. Важная особенность Ф. к. и ее солей – способность проникать в костную ткань, что позволяет лечить воспалит. процессы в областях организма, малодоступных для др. лек. ср-в.

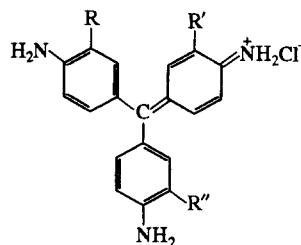
Ф. к. используют при заболеваниях, вызываемых микроорганизмами, устойчивыми к др. антибиотикам. Она малотоксична, практически не оказывает побочного действия.

Лит.: Навашин С. М., Фомина И. П., Рациональная антибиотикотерапия, 4 изд., М., 1982; Godfredsen W. O., Fusidic acid and some related antibiotics, Cph., 1967; Bodley J. W., Godfredsen W. O., «Biochem. Biophys. Res. Comm.», 1972, v. 46, № 2, p. 871–77.

Г. С. Сучкова.

ФУКОЗА, см. Дезоксисахара.

ФУКСИНЫ (назв. по окраске цветов растения *Fuchsia*), яр-ко-красные триарилметановые красители общей ф-лы I (R, R', R'' = H или CH₃). Кристаллы, раств. в воде. Окраски Ф. отличаются яркостью, но невысокой устойчивостью, особенно к действию света.



I

Наиб. известны собственно фуксин и фуксин новый. Собственно Ф. представляет собой смесь незамещенного I (парарозанилин) и его моно- (I; R = CH₃, R' = R'' = H, розанилин) и диметилзамещенных (I; R = R' = CH₃, R'' = H); получают его совместным окислением анилина, о- и п-толуидинов нитробензолом (или нитротолуолом) в присут. FeCl₃ при 100–175 °С в течение ~ 20 ч.

Ф. новый (I; R = R' = R'' = CH₃) получают конденсацией о-толуидина с СН₂О с послед. окислением образующегося продукта нитробензолом и FeCl₃ в присут. о-толуидина до соответствующего бензидрола и дальнейшей конденсацией с о-толуидином в краситель.

При сульфировании парарозанилина и фуксина олеумом образуются ди- и трисульфокислоты (по одной сульфогруппе в каждом бензольном кольце).

Осн. область применения Ф. – окрашивание нетекстильных материалов (бумаги, кожи, дерева и др.), приготовление

чернил, цветных карандашей, лаков для полиграфии. Водный р-р фуксинсернистой к-ты (см. *Шиффа реактив*) – аналит. реагент на альдегидную группу.

Лит. см. при ст. *Арилметановые красители*.

В. Н. Лисицин.

ФУЛЛЕРЕНЫ, одна из форм существования в природе углерода (кроме известных графита, алмаза, карбина, лонсдейлита; см. *Углерод*). Обнаружены в 80-х гг. 20 в. Ф. обычно представляют собой шарообразные молекулы C_{60} или молекулы C_{70} по форме близкие к дынеобразному мячу для регби. Пов-сть молекул Ф. состоит из 5- и 6-угольников, образованных атомами С (в молекуле C_{60} двадцать 6-угольников, в молекуле C_{70} – тридцать), внутри молекулы полые. Известны Ф., молекулы к-рых имеют более сложную форму (напр., полых трубок, – тубулены) и состоят из неск. сотен атомов С. Назв. Ф. дано по имени амер. архитектора и инженера Ричарда Бакминстера Фуллера, к-рый разработал конструкцию куполообразной крыши, составленной из 5- и 6-угольников, напоминающие футбольного мяча («геодезич. купол»); иногда Ф. наз. также бакминстерфуллеренами или просто баки-болами.

Диаметр молекулы C_{60} близок к 1 нм. Энергия связи атомов С велика и составляет 6,99 эВ/атом. При растворении C_{60} в бензоле образуется малиновый р-р, после испарения к-рого в вакууме получают желтые кристаллы C_{60} . Кристаллич. решетка C_{60} гранецентрир. кубическая. По пластичности кристаллы C_{60} близки к графиту.

В Ф. все связи между атомами С насыщены за счет их взаимод. друг с другом, поэтому Ф. – единственная стабильная «чистая» форма углерода, т. к. в алмазе, графите и др. формах атомы С, расположенные на пов-сти тела, насыщают свои связи, направленные наружу из объема, за счет взаимод. с атомами Н, О и др.

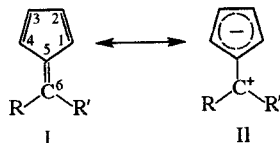
В первых опытах Ф. получали испарением графита в атмосфере Не под действием мощного импульсного лазера. Позднее было установлено, что Ф. образуются при пропускании тока чистого Не между двумя графитовыми электродами при возбуждении электрич. дуги. Возможно, C_{60} присутствует в коптящем пламени (напр., пламени свечи), в продуктах сжигания ацетилена.

При взаимод. Ф. с щелочными металлами получены фуллериды типа K_3C_{60} , к-рый при 18 К переходит в сверхпроводящее состояние. Т-ра перехода в сверхпроводящее состояние фуллеридов тяжелых щелочных металлов – Rb и Cs – может достигать 43 К. Получены также продукты присоединения к Ф. галогенов, фосфора, NO_2 и др. При гидрировании Ф. C_{60} последовательно образуются $C_{60}H_{36}$ и $C_{60}H_{50}$ – т. наз. фазибол.

Лит.: Керл Р. Ф., Смолл Р. Э., «В мире науки», 1991, № 12, с. 14–24; Соколов В. И., Станкевич И. В., «Успехи химии», 1993, в. 5, с. 455–70.

С. С. Бердосов.

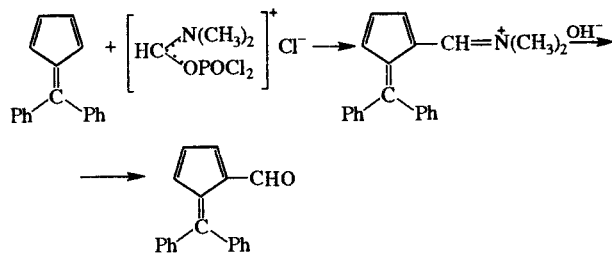
ФУЛЬВЕНЫ, непредельные углеводороды, содержащие цикlopentadiенильную группировку с экзоциклич. двойной связью. Могут быть представлены двумя резонансными структурами:



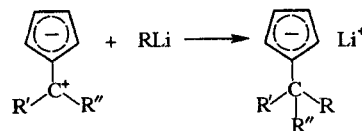
О вкладе структуры II свидетельствует наличие у Ф. дипольного момента (для диалкил- и диарил-Ф. $\mu = 4,7 \cdot 10^{-30}$ Кл·м); вклад этой структуры возрастает при наличии у атома С-6 электронодонорных заместителей.

Ф. – жидкие или твердые в-ва, глубоко окрашенные в цвета от желтого до пурпурного. Термически неустойчивы. По хим. св-вам близки к полиенам; они склонны к автоокислению, вступают в р-цию Дильса–Альдера (как диены и как диенофилы), присоединяют галогены, с O_2 образуют пероксиды, легко полимеризуются.

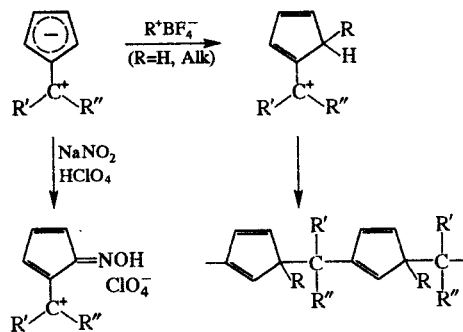
Ф. способны к электроф. замещению, напр. 6,6-дифенил-Ф. формилируется в цикlopentadiеновый цикл комплексом Вильсмейера (хлороксид фосфора в ДМФА):



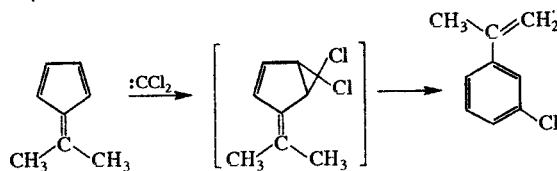
Нуклеоф. атака на Ф. идет по экзоциклич. атому углерода (напр., присоединение литийорг. соед., гидридов металлов и др.):



Ф. протонируются, алкилируются, нитрозируются; образующиеся фульвениевые соли устойчивы лишь при $-80^\circ C$ и легко полимеризуются:

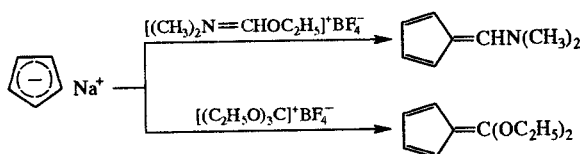


С дихлоркарбеном Ф. образуют 1,2-аддукты, к-рые перегруппировываются в производные бензола:

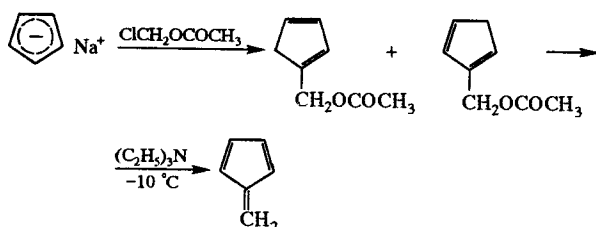


При действии на Ф. $LiAlH_4$ восстанавливается экзоциклич. двойная связь. 6-Метилзамещенные Ф. вступают с альдегидами в конденсацию, подобную альдольной.

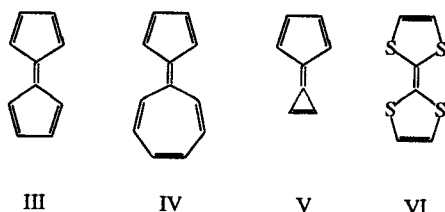
Получают Ф. конденсацией цикlopentadiена с альдегидами и кетонами в присут. оснований. Для синтеза Ф., замещенных у атома С-6 на группу, содержащую гетероатом, используют иминиевые или карбоксониевые соли, напр.:



Незамещенный Ф. образуется с хорошим выходом при взаимодействии хлор- или бромметилацетата с циклопентадиенил-натрием с послед. отщеплением уксусной к-ты:



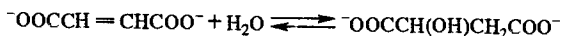
Близки к Ф. бициклич. сопряженные системы, циклы к-рых соединены экзоциклич. двойной связью: фульвалены (III), сесквифульвалены (IV) и колицины (V); III и IV синтезированы в виде их производных.



Известны также тетрагидро- и тетраселенафульвалены, напр. ф-лы VI, используемые как компоненты ион-радикальных солей (см. *Металлы органические*).

Лит.: Керн Ф., Сандберг Р., Углубленный курс органической химии, пер. с англ., кн. 1, М., 1981, с. 340-43; Lloyd D., в кн.: *Studies in organic chemistry*, v. 16, Amst., 1984, p. 46-66. Н. Н. Мадгесеева.

ФУМАРАТ-ГИДРАТАЗА (фумараза, L-малат-гидро-лиаза), фермент класса лиаз, катализирующий обратимое присоединение воды к дианиону фумаровой к-ты с образованием мала-та – дианиона яблочной к-ты:



Ф.-г. получена в кристаллич. виде из сердца свиньи. Молекула ее состоит из 4 одинаковых субъединиц мол. м. 48,5 тыс., каждая из к-рых в отдельности каталитич. активность не обладает. Оптим. каталитич. активность при pH 7,0-9,0 не требует кофакторов и сильно зависит от природы и концентрации присутствующих анионов. Ф.-г. необратимо инактивируется модификаторами цистеиновых остатков, специфич. конкурентный ингибитор – пиромеллитовая к-та. Определены первичные структуры Ф.-г. человека, крысы, дрожжей и бактерий *B. subtilis*, гомологичные Ф.-г. свиньи. Дрожжи и млекопитающие содержат два структурно близких изофермента (митохондриальный и цитоплазматич.).

Протекание р-ции слева направо в тканях млекопитающих и др. аэробных организмах – необходимый этап *трикарбоновых кислот цикла*. У анаэробных организмов обратная р-ция служит источником фумарата – конечного акцептора электронов в окислит.-восстановит. р-циях.

В кишечной палочке (*E. coli*) найдено 3 гена, кодирующих Ф.-г., типа А, В и С. Ф.-г. С гомологична ферменту млекопитающих, Ф.-г. А – гомодимер с мол. м. 120 тыс., содержит железо-серный кластер Fe_4S_4 , участвующий в катализе, Ф.-г. А быстро инактивируется кислородом и др. окислителями.

Лит.: Hill R.L., Teipel J.W., в кн.: *The enzymes*, 3 ed., v. 5, N.Y., 1971, p. 539-71; Flint D.H., Emptage M.H., Guest J.R., «*Biochemistry*», v. 31, 1992, p. 10331-337. А. Д. Виноградов.

ФУМАРОВАЯ КИСЛОТА, см. *Малеиновая и фумаровая кислоты*.

ФУМИГАНТЫ (от лат. fumigo – дымлю), пестициды, применяемые в газо- или паровом состоянии (или выделяющие газообразное действующее в-во во время применения). Используют для уничтожения насекомых, грызунов и др. вре-

дителей в продовольств. запасах, складских помещениях, транспортных ср-вах, теплицах, а также для обработки семян, растений (под укрытием) и почвы.

Выбор Ф., его концентрация, продолжительность действия и способ фумигации и (обработка ядовитыми газами, парами, аэрозолями) зависят от его активности, способности адсорбироваться и безвредности для обрабатываемых объектов.

Практич. применение находят: для фумигации зерна – PH_3 , выделяющийся из фосфида Al при гидролизе последнего влагой воздуха (норма расхода 2-3 г/т, экспозиция 48-72 ч), метилбромид CH_3Br (20-100 г/м³), хлорпикрин CCl_3NO_2 (20-120 г/т, 2-4 сут), метилхлорид CH_3Cl (50-100 г/м³), дихлорэтан $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ (200-400 г/м³); для незагруженных складов, трюмов и т. п. – SO_2 , HCN , CH_3Br (или его смесь с CO_2 либо хлорпикрином), этиленоксид; для обработки продуктов питания (особенно в вакуумир. камерах) – этилен- и пропиленоксиды, CH_3Br . Для обработки цитрусовых деревьев и чайных кустов (под укрытием) иногда используют HCN , для обработки мхов – метилформат. Для обеззараживания почвы (обычно с помощью машин – фумигаторов) применяют хлорпикрин, CH_3Br , дихлорпропен $\text{ClCH}_2\text{CH}=\text{CHCl}$, сероуглерод, 1,2-дибромэтан, в-ва, выделяющие метилизоцианат CH_3NCS (напр., $\text{CH}_3\text{NHSCSSNa}$; см. *Нематоциды*).

Ф. служат нек-рые инсектициды, напр. гексахлорциклопексан, ДДВФ (см. *Инсектициды*); *пиретрины*, а также азобензол, 1,4-дихлорбензол, нафталин. Их обычно используют методом регулируемого нагревания; применяют также дымовые шашки с *гексахлорциклопексаном*, противомоскитные тлеющие спирали с пиретринами (при этом наряду с парами образуются аэрозольные частицы).

Для снижения огне- и взрывоопасности к нек-рым Ф. иногда добавляют негорючие в-ва, напр. CS_2 смешивают с CCl_4 , этиленоксид – с CO_2 , в таблетки с фосфидом Al или фосфидом Mg вводят $\text{NH}_2\text{COONH}_4$, при гидролизе к-рого выделяются CO_2 и NH_3 .

Все Ф., как правило, высокотоксичны и особенно опасны в условиях применения. В связи с возрастшими требованиями к безопасности использование ряда Ф. (напр., CS_2 , CCl_4 , акрилонитрила, цианидов Na и Ca, дибромэтана) в большинстве стран ограничено или запрещено.

Лит.: Mallis A., *Handbook of pest control*, 6 ed., Cleveland, 1982, p. 947; Bond E.J., *Manual of fumigation for insect control*, Rome, 1984.

Г. С. Шейндлерман.

ФУНГИЦИДЫ (от лат. fungi – грибы и caedo – убиваю), в-ва, уничтожающие вредоносные грибы. Главная область применения Ф. – защита с.-х. культур от болезней. Используют Ф. в соответствующей форме (см. *Пестицидные препараты*) путем опрыскивания или опыливания растений, обработки почвы либо как *протравители семян*; применяют также в технике как *антисептические средства* для защиты неметаллич. материалов от биоразрушения и в медицине как *противогрибковые средства*. Каждый Ф. обладает определенным спектром действия против разных видов грибов (а иногда также бактерий) и не является универсальным.

Ф., используемые в растениеводстве, подразделяют на защитные (или контактные) и системные. Первые применяют в целях профилактики, они действуют лишь на поверхности растений или семян, убивая споры фитопатогенных грибов либо предотвращая их развитие. Системные Ф. проникают внутрь растения, способны передвигаться по его сосудистой системе, что позволяет не только предотвращать болезни, но и искоренять инфекцию, глубоко проникшую в растительную ткань. Однако применение системных Ф. часто приводит к появлению резистентности (устойчивости), для преодоления к-рой чередуют препараты с разл. механизмом действия либо используют смеси препаратов.

Из неорг. Ф. издавна применяют серу и ее соед. В тонкодисперсном виде, иногда с добавками ПАВ, серу используют для борьбы с мучнистой росой и др. грибами на многих с.-х. культурах. Применяют также полисульфиды калция (т. наз. известково-серный отвар; ИСО) и бария, из

к-рых сера выделяется постепенно при окислении на воздухе. В качестве Ф. для fumигации теплиц и складских помещений используют SO_2 (80–160 г/м³).

Фунгицидной активностью обладают соли металлов, гл. обр. Ag, Hg, Cu, Cd. Однако на практике применяют лишь соли меди. Легкорастворимые соли Cu^{2+} из-за токсичности для растений используют ограниченно; чаще используют малорастворимые соли и препараты, напр. бордоскую жидкость [готовят смешением CuSO_4 , Ca(OH)_2 и воды непосредственно перед применением], геміоксид меди Cu_2O , ее хлороксид $[\text{3Cu(OH)}_2 \cdot \text{CuCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}]$, где $x = 0-3$, 8-гидроксифенолят и нафтенат меди и др. Бордоскую жидкость и хлороксид меди используют для борьбы с болезнями овощных, плодовых и техн. культур; нафтенат меди – также для защиты неметаллич. материалов, геміоксид – как основу необрастающих красок. Высокоактивные соли Hg, но из-за токсичности широкого применения они не нашли.

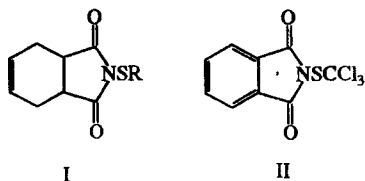
Фунгицидная и фунгистатич. активность (фунгистатики задерживают рост грибов, но не уничтожают их) обнаружена у фитоалексинов, образующихся в растениях в качестве защитной р-ции, в ответ на заражение их фитопатогенными грибами (см. Фитогормоны). Практич. применения фитоалексины не нашли.

Для защиты риса от пирикулярноза используют нек-рые антибиотики: циклогексимид (несмотря на высокую токсичность), стрептомицин, гризеофульвин, бластицидин S (доза 10–20 г/га), полиоксин Д и касугамицин.

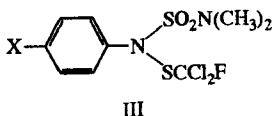
Защитными св-вами обладают соли и разл. производные дитиокарбамидовых к-т, в частности тетраметилтиурамдисульфид (тирам, ТМТД) $[(\text{CH}_3)_2\text{NC(S)}_2]_2$, используемый в многочисленных смесях для протравливания семян, иногда и для обработки почвы или растений; он известен также как ускоритель вулканизации каучука. Долгое время применялись дитиокарбаматы ф-лы $[(\text{CH}_3)_2\text{NC(S)}_2]_x\text{M}$ (M – металл, напр. Fe, Zn; x – степень окисления металла), но из-за канцерогенности их использование прекращено.

Из этилен-бис-дитиокарбаматов наиб. широко применяют цинеб $[\text{SC(S)NHCH}_2\text{CH}_2\text{NC(S)}_2]_2\text{Zn}^{2+}$ и манкоцеб – смешанную Zn, Mn-соль [подобная соль Mn (манеб) в России запрещена из-за канцерогенности]. На картофеле и др. культурах используют полимерный этилен-бис-дитиокарбамат Zn (поликарбацин) $[\text{SC(S)NHCH}_2\text{CH}_2\text{NHC(S)}_2]_4\text{Zn}_3$.

В качестве защитных Ф. применяют нек-рые производные тиофтальмидов и его тетрагидроаналога. Наиб. важные из них – каптан (ф-ла I; R = CCl_3), каптафол (I; R = $\text{CCl}_2\text{CHCl}_2$) и фоллет (II). Эти Ф. эффективны против парши яблонь и груш, серой гнили земляники, фитофтороза картофеля и др. Несмотря на весьма малую острую токсичность (5000–10000 мг/кг), их применение ограничено из-за тератогенности и канцерогенности.



К этой же группе близки замещ. анилины – дихлофлуанид (III; X = H) и толлифлуанид (III; X = CH_3), особенно активные против серой гнили плодовых растений.

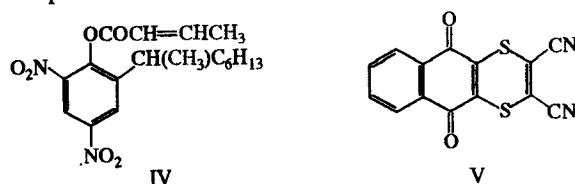


Защитным действием обладают многие хлорпроизводные ароматич. углеводов. Известные Ф. пентахлорнитробензол (квинтоцен, ПХНБ) и гексахлорбен-

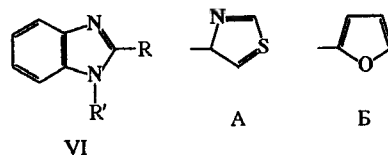
зол по экологич. соображениям в России не применяются. За рубежом используют 2,4,5,6-тетрахлоризофталонитрил (хлорталонил), несмотря на высокие дозы (6–9 кг/га для рассадных растений и до 130 кг/га при внесении в почву), а также 2,6-дихлор-4-нитроанилин (ДХНА, дихлоран) для борьбы с грибами родов Botrytis, Sclerotinia, Monilia и др.

Высокую фунгицидную и бактерицидную активность проявляют производные фенолов, но из-за фитотоксичности они непригодны для защиты растений и используются гл. обр. как антисептики. В с. х-ве против мучнистой росы на овощных культурах и винограде применяют 2,5-диметокси-1,4-дихлорбензол (хлоронеб) и динокап (IV), последний обладает акарицидным действием.

В качестве протравителя семян нек-рое время использовали тетрахлорбензохинон (хлоранил), но более эффективным Ф. для этой цели и для обработки растений оказался 2,3-дихлорнафтохинон (дихлон); для последнего характерны св-ва альгицида. Получаемый из дихлона дитианон (V) применяется для борьбы с болезнями плодовых деревьев.

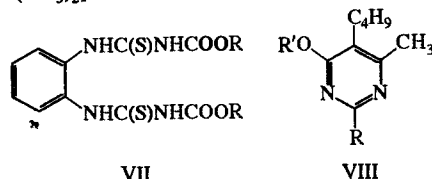


Одна из первых групп системных Ф. широкого спектра действия, выпускаемых в больших масштабах, – замещенные бензимидазолы ф-лы VI.



Главные из них – беномил (VI; R = NHCOOCH_3 , R' = CONHC_4H_9), тиабендазол (VI; R = A, R' = H), фуберидазол (VI; R = B, R' = H), а также карбендазим (VI; R = NHCOOCH_3 , R' = H). Эти Ф. используются для опрыскивания растений, протравливания семян, иногда и для внесения в почву, а тиабендазол – также для обработки картофеля и свеклы при хранении (6–27 кг/т). К бензимидазолам близки по характеру действия тиофанат (VII; R = C_2H_5) и тиофанат-метил (VII; R = CH_3); последний в организме превращается в карбендазим.

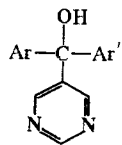
Специфич. активностью против возбудителей мучнистой росы обладают пириимидины – Ф. системного действия (корнями поглощаются лучше, чем листьями). Среди них – диметиримол [VIII; R = $\text{N(CH}_3)_2$, R' = H], этиримол (VIII; R = NHC_2H_5 , R' = H) и бупиримат [VIII; R = NHC_2H_5 , R' = $\text{SO}_2\text{N(CH}_3)_2$].



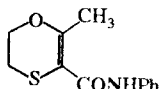
Не менее активны, но имеют более широкий спектр действия диарилпириимидилметанолы – триаримол (IX; Ar = 2,4- $\text{Cl}_2\text{C}_6\text{H}_3$, Ar' = Ph); фенаримол (IX; Ar = 2- ClC_6H_4 , Ar' = 4- ClC_6H_4); нуаримол (IX; Ar = 2- ClC_6H_4 , Ar' = 4- FC_6H_4).

Очень высокой активностью против грибов из класса базидиомицетов (к этому классу принадлежат возбудители ржавчины и головни зерновых), а также против почвенных грибов Rhizoctonia solani обладают замещенные оксатинины – карбоксин (X) и оксикарбоксин (XI), используемые в осн.

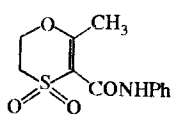
как протравители семян (уничтожают инфекцию, проникающую внутрь).



IX

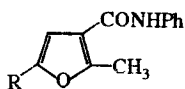


X

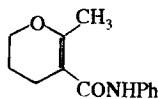


XI

Аналогичные св-ва проявляют др. соед., содержащие структурный фрагмент $\text{CH}_3\text{C}=\text{CCONHPh}$ («кротонанилиды»), в частности фенфурам (XII; $\text{R}=\text{H}$), бенодил (XII; $\text{R}=\text{CH}_3$) и пиракарболид (XIII).



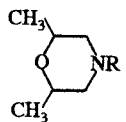
XII



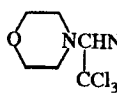
XIII

Фунгицидной активностью обладает ряд *o*-замещенных бензанилидов, напр. 2-метилбензанилид, 2-иодбензанилид и салициланилид (используемый преим. как антисептик).

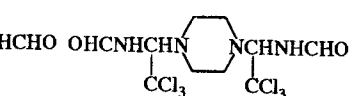
Против мучнисторосяных грибов рода *Erysiphe* весьма эффективны производные морфолина — тридеморф (XIV; $\text{R}=\text{C}_{13}\text{H}_{27}$) и додеморф (XIV; $\text{R}=\text{цикло-C}_{12}\text{H}_{23}$), применяемые для обработки ячменя и овса. Структурно близкий Ф. триморфамид (XV) обладает защитным действием со слабыми системными св-вами. Близок к ним по активности системный Ф. трифорин (XVI), используемый гл. обр. на овощных и плодовых культурах (0,2–0,4 кг/га).



XIV

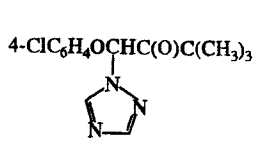


XV

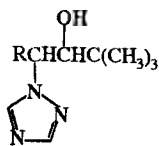


XVI

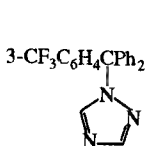
К системным Ф. относятся производные триазола. Наиб. распространение получил триадимефон (XVII) — Ф. широкого спектра действия, используемый против ржавчины пшеницы, мучнистой росы огурцов, томатов, пшеницы, дыни, серой гнили винограда и др. (0,06–0,25 кг/га). Для протравливания семян против пыльной и твердой головни, ржавчины, септориоза и др. применяется триадименол (XVIII; $\text{R}=\text{4-ClC}_6\text{H}_4\text{O}$) (200–300 г/т). Широким спектром фунгицидной активности обладают: дихлбутриазол (XVIII; $\text{R}=\text{2,4-Cl}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{CH}_2$); флутримазол (XIX); флутриафен (XX); этаконазол (XXI, $\text{R}=\text{C}_2\text{H}_5$); пропиконазол (XXI, $\text{R}=\text{C}_3\text{H}_7$). Против ржавчины пшеницы как профилактич. Ф. используют также 4-бутил-1,2,4(4*H*)-триазол (бутразол).



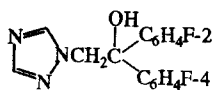
XVII



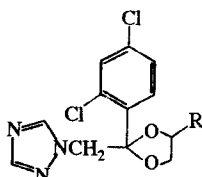
XVIII



XIX

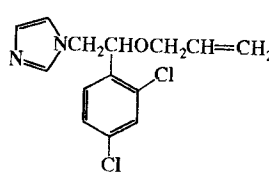


XX

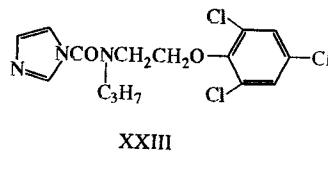


XXI

Близки к триазолам по характеру действия производные имидазола; важнейшие из них — имазалил (XXII) и прохлораз (XXIII).

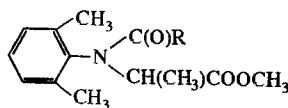


XXII

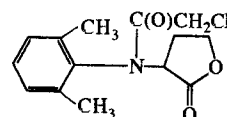


XXIII

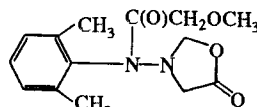
Против болезней, вызываемых низшими грибами класса оомицетов (фитофтороз, пероноспороз), применяют производные аланина общей ф-лы XXIV, в т.ч. металаксил ($\text{R}=\text{CH}_2\text{OCH}_3$), фуралаксил ($\text{R}=\text{2-фурил}$) и беналаксил ($\text{R}=\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$), к-рые используются для обработки картофеля, томатов, табака, хмеля, лука (0,12–0,3 кг/га). К производным аланина близки по характеру действия милфурам (XXV) и оксидиксил (XXVI), особенно активный против пероноспоровых грибов.



XXIV

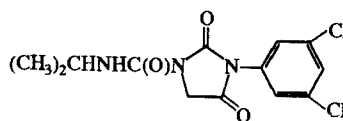


XXV

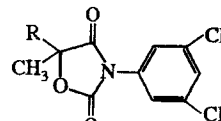


XXVI

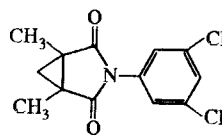
К группе системных Ф. относят производные 3,5-дихлоранилина, у к-рых радикал 3,5- $\text{Cl}_2\text{C}_6\text{H}_3$ связан с атомом N, входящим в гетероцикл. В число таких Ф. входят ипродион (XXVII), винклозолин (XXVIII; $\text{R}=\text{CH}_2=\text{CH}$), дихлзолин (XXVIII; $\text{R}=\text{CH}_3$) и процимидон (XXIX). Эти Ф. при норме расхода 0,5–1 кг/га особенно активны против грибов *Monilia*, *Sclerotinia* и *Botrytis*, поражающих очень мн. виды растений.



XXVII



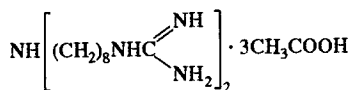
XXVIII



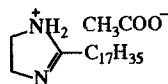
XXIX

Фунгицидным действием обладают нек-рые амины, амидины, гуанидины. Для обработки при хранении картофеля и citrusовых используют втор-бутиламин [$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_3$], для борьбы с паршой яблони и груши — додецилгуанидинацетат (додин) $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NHC}(=\text{NH})\text{N H}_3^+ \text{CH}_3\text{COO}^-$; в качестве протравителя семян пшеницы и риса против головни, пирикулярноза и корневых гни-

лей – гуазатин (XXX) (одновременно является антифидан-
том), профилактич. действием обладает глиодин (XXXI).



XXX

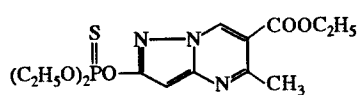


XXXI

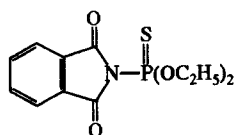
Фунгициды широкого спектра действия – металло-
органические соед. Для протравливания семян, не-
смотря на высокую токсичность, применяют ртутьорг.
соед. ф-лы R_2HgX (R = алкил, арил, $\text{X} = \text{Cl}, \text{OSCOCH}_3$ и др.),
напр. $\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$, $\text{C}_5\text{H}_9\text{HgOSCOCH}_3$, $\text{CH}_3\text{HgNHC}(=\text{NH})\text{NHCN}$
(обычная доза 20–50 г/т).

Более безопасны для людей и окружающей среды
оловоорг. соед. ф-лы R_3SnX (R = алкил, арил;
 X = разл. группы). Триалкильные производные, напр.
 $(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{SnF}$, $(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{SnOSCOCH}_3$, бис-(трибутилолово)оксид
 $[(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{SnOSn}(\text{C}_4\text{H}_9)_3]$, фитотоксичны и используются преим.
как антисептики и компоненты необрастающих красок.
Для защиты растений применяют гл. обр. производные три-
фенилолово, особенно $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{SnOSCOCH}_3$ (0,4–0,6 кг/га), эф-
фективный против фитофтороза картофеля и церкоспоро-
за свеклы; обладает также св-вами антифиданта. Аналогич-
ное использование находят $(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{SnOH}$ и $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{SnCl}$.
Обнаружены соед. с фунгицидной активностью среди
орг. производных As и Pb, но практич. применения они не
нашли.

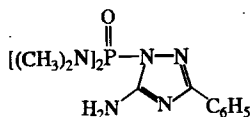
В качестве системных Ф. используют нек-рые эфиры и
амиды фосфорных и тиофосфорных к-т. Среди
них китатин II $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{SP}(\text{O})[\text{OSn}(\text{CH}_3)_2]_2$ (доза 0,5–
1 кг/га), О-этил-S,S-дифенилдитиофосфат (эдифенфос, хино-
сан) $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{P}(\text{O})\text{OC}_2\text{H}_5$ и О-бутил-S-этил-S-бензидитио-
фосфат (конен) $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{P}(\text{O})\text{OC}_2\text{H}_5$ – Ф. против
пирикулярноза риса; первый обладает также инсектицидным
действием. Против мучнистой росы и ржавчины растений
используют пирозофос (ф-ла XXXII), диталимфос (XXXIII)
и велсин (XXXIV).



XXXII



XXXIII

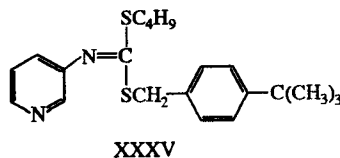


XXXIV

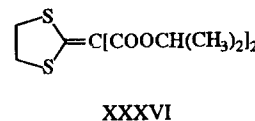
Фунгицидным действием обладают фосфонаты, напр.
афос $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{P}(\text{O})\text{CH}(\text{CCl}_3)\text{OSCOCH}_3$ (в России запрещен) и
инезин $\text{C}_6\text{H}_5\text{P}(\text{O})(\text{OSn}(\text{CH}_3)_2\text{SCH}_2\text{C}_6\text{H}_5)$.

Против грибов семейства пероноспорозов эффективен
трис-(этилфосфит)алюминий $[\text{C}_2\text{H}_5\text{OR}(\text{O})\text{O}]_3\text{Al}$, способный
легко передаваться как вниз, так и вверх по растению;
активность проявляет только внутри растения.

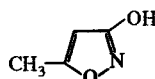
Помимо указанных выше, в с.х-ве применяют: бугиобат
(XXXV), эффективный против мучнистой росы на овощных
культурах; изопротиолан (XXXVI) – Ф. для обработки риса,
вносимый в поливную воду; гимексазол (XXXVII) – Ф. для
борьбы с корневыми гнилями, особенно на сахарной свекле;
этридазол (XXXVIII), активный против фитофторы; анила-
зин (XXXIX), применяемый на мн. овощных культурах
(0,7–1,4 кг/га), и др.



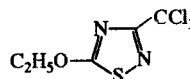
XXXV



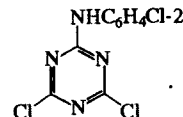
XXXVI



XXXVII



XXXVIII



XXXIX

Механизм действия большинства Ф. известен лишь
в общих чертах. Чаще всего Ф. действуют на грибы непосред-
ственно, вмешиваясь в биохим. р-ции, происходящие в гриб-
ных клетках, либо блокируя ферменты, управляющие этими
р-циями. Нек-рые Ф. влияют на нек. жизненно важных
процессов и поэтому нелегко выделить, какая «мишень»
оказывается наиб. уязвимой. С наиб. основанием можно
считать, что Ф. из групп триазолов, морфолинов, пиримиди-
нов, имидазолов, пиперазинов ингибируют биосинтез эргос-
терина – одного из важнейших компонентов клеточных мемб-
ран. Фосфорорг. Ф. подавляют синтез липидов, входящих в
состав этих мембран, в частности фосфатидилхолина. Гидро-
кисипиримидины (этиримол и др.) и производные аланина
ингибируют, по-видимому, синтез нуклеиновых к-т, а анти-
биотики (циклогексимид, бластицидин, касугамицин) – син-
тез белка. Антибиотик полиоксин, действуя на соответствую-
ющие ферменты, подавляет процесс образования хитина у
грибов (и насекомых). Ф. из группы оксатинов нарушают
процесс тканевого дыхания, производные бензимидазола и
тиофанаты – нормальный ход клеточного деления.

Большинство Ф. активно как *in vivo*, так и *in vitro*.
Существуют, однако, Ф. непрямого действия, не действующие
на грибы *in vitro* и проявляющие активность только тогда,
когда попадут в растение; такие Ф. либо при взаимодей-
ствии с растением переходят в активную форму (напр., фенил-
тиосемикарбазид превращается в фенилазотиоформамид,
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}=\text{NCSNH}_2$), либо усиливают защитные р-ции растения.
К таким Ф. относят, напр., трис-(этилфосфит)алюминий.

Мировой рынок Ф. в 1992 достиг 4,9 млрд. долларов
(20,5% от всей продажи пестицидов) при нек-рой тенденции
к росту. При постоянных изменениях в мировом ассортименте
Ф. ежегодно используется ок. 200 действующих в-в.

Об ограничениях, связанных с производством и приме-
нением Ф., см. Пестициды.

Лит.: Голышин Н.М., Фунгициды в сельском хозяйстве, М., 1982;
Мельников Н.Н., Пестициды. Химия, технология и применение, М., 1987;
Мильштейн И.М., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1988, № 6,
с. 687–97; Хаскин Б.А., там же, с. 698–707; Chemie der Pflanzenschutz- und
Schädlingsbekämpfungsmittel, Hrg. von R. Wegler, B., 1970–81; Thom-
son W.L., Agricultural chemicals. Book IV, Fresno, 1988; Chemistry of pesticides,
ed. by K.H. Buchel, N.Y. – [a.o.], 1983. Г.С. Шендлерман.

ФУНКЦИИ КИСЛОТНОСТИ, определяют протонирую-
щую способность р-ров к-т. Если протонируется нейтральная
молекула В, Ф. к. обозначают H_0 , если анион или катион – H_1
или H_n соотв. Ф. к. характеризуют равновесие протонирова-
ния в зависимости от концентрации к-ты и позволяют расчи-
тывать степени протонирования реагентов в хим. р-ции, иони-
зирующихся по тому же механизму, что и применяемые для
измерений Ф. к. стабильные соед. (индикаторы).

Ф. к. H_0 отвечает условно записанному равновесию
 $\text{BH}^+ \rightleftharpoons \text{B} + \text{H}^+$, где BH^+ – протонир. форма основания В.
Константа равновесия этого процесса

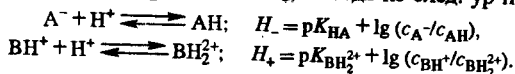
$$K_{\text{BH}^+} = \frac{a_{\text{B}} a_{\text{H}^+}}{a_{\text{BH}^+}} = \frac{c_{\text{B}}}{c_{\text{BH}^+}} \cdot a_{\text{H}^+} \frac{f_{\text{B}}}{f_{\text{BH}^+}}, \quad (1)$$

где a_{B} , a_{H^+} и a_{BH^+} – термодинамич. активности соотв. основа-
ния В, протона H^+ и протонир. формы BH^+ ; c – их равновес-

ные концентрации; f – коэф. активности. $K_{\text{ВН}}^*$ наз. константой основности соед. В.

Соотношение $a_{\text{H}}(f_{\text{В}}/f_{\text{ВН}}^*) = h_0$ наз. кислотностью среды. Ф-ция кислотности $H_0 = -\lg h_0$. При логарифмировании выражения (1) получим соотношение $H_0 = pK_{\text{ВН}}^* + \lg (c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}}^*)$, где $pK_{\text{ВН}}^* = -\lg K_{\text{ВН}}^*$. При измерении Ф. к. исходят из предположения, что в концентр. водных р-рах сильных к-т изменение отношения $f_{\text{В}}/f_{\text{ВН}}^*$ не зависит от хим. природы основания-индикатора В (постулат Гаммета).

Аналогично измеряют H_- и H_+ , исходя из след. ур-ний:



Для определения Ф. к. обычно используют индикаторный метод, при этом необходимо знать константу основности индикатора и отношение концентраций его протонир. и непротонир. форм (измеряется спектрофотометрически или др. методом). Посредством одного индикатора можно измерить H_0 в пределах 2–3 единиц ее изменения, в более широких диапазонах кислотностей применяют серии индикаторов. Для установления шкалы кислотности используют в осн. производные нитроанилина.

За стандартное состояние для шкалы кислотности берут бесконечно разб. водный р-р сильной к-ты, где коэф. активности $f_{\text{В}}$ и $f_{\text{ВН}}^*$ принимаются равными единице, а активность протонов равной их концентрации. В таких р-рах H_0 численно равна рН.

Индикаторный метод измерения H_0 состоит в следующем. Сначала выбирают наиб. сильное основание В, к-рое практически полностью протонируется в очень разб. р-рах к-ты НА. Измерив отношение $c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}}^*$ из зависимости $\lg (c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}}^*)$ от молярной концентрации $M_{\text{НА}}$ к-ты определяют $pK_{\text{ВН}}^* = -\lg M_{\text{НА}} - \lg (c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}}^*)$. В таких р-рах $-\lg M_{\text{НА}} = \text{рН}$, а соблюдение этой зависимости подтверждает, что в данном интервале концентраций к-ты коэф. активности не изменяются. Для определения Ф. к. более концентр. р-ров выбирают след. индикатор таким образом, чтобы, являясь более слабым основанием, он начинал протонироваться в тех р-рах к-ты, где первый индикатор еще не полностью протонирован. В этом «интервале перекрывания» определяют константу основности второго индикатора В: $pK_{\text{ВН}}^* - pK_{\text{ВН}}^* = \lg (c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}}^*) - \lg (c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}}^*)$. Далее, измеряя $c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}}^*$ в более концентр. р-рах к-ты и зная $pK_{\text{ВН}}^*$, определяют H_0 для этих р-ров. Затем аналогичную процедуру проводят со след. индикатором и т. д. Таким образом, для измерения H_0 необходима серия индикаторов. Так, для системы $\text{HCl} - \text{H}_2\text{O}$ (до 16 М HCl) нужно 7–8 индикаторов, для водных р-ров H_2SO_4 от разбавл. до 100% H_2SO_4 – 10–12 индикаторов.

Численные значения Ф. к. связаны с силой к-ты. Так, 100%-ная H_2SO_4 имеет $H_0 = -11,94$, чистая $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H} - H_0 = -7,86$.

Ф. к., судя по нек-рым данным, мало зависят от т-ры. Однако при повышении т-ры могут изменяться $pK_{\text{ВН}}^*$ оснований.

Ф. к. описывают только процесс протонирования. Во мн. случаях, кроме этого процесса, ионизация основания может заключаться также в образовании ионных пар, разл. комплекс. протонир. формы с молекулами р-рителя, димеров и т. д. В таких случаях для корректного использования Ф. к. при описании ионизации слабого основания необходимо знать механизм его ионизации и измерять равновесные концентрации всех образующихся форм основания В. На практике обычно измеряют равновесную концентрацию только одной формы (обычно – неионизированной), а концентрацию форм ВН^+ вычисляют из ур-ния баланса концентраций, тем самым постулируя простой механизм протонирования. Такая практика, а также недоказанность постулата Гаммета привели к появлению ряда Ф. к., относящихся к разл. классам хим. соед. ($H_{\text{А}}$ – Ф. к. амидов, H'' – третичных аминов, $H_{\text{Г}}$ – индолов, $H_{\text{В}}$ – бензофенонов, $H_{\text{М}}$ – азуленов и т. д.). Нек-рые

из этих Ф. к. связаны с иным, чем протонирование, механизмом ионизации. Это м. б. образование ионных пар типа $\text{ВН}^+ \cdot \text{А}^-$ (А^- – анион к-ты), к-рое имеет место наряду с протонированием (H'' , $H_{\text{Г}}$), либо образование комплекса $\text{В} \cdot \text{НА}$ ($H_{\text{М}}$). Возможны случаи, когда действительно не соблюдается постулат Гаммета.

Развивая этот подход, Р. Кокс и К. Эйтс (1978) ввели понятие «избыточная кислотность» X , к-рая отражает разность между наблюдаемой (формально измеренной) Ф. к. для данного класса соед. и «идеальной» Ф. к., строго подчиняющейся постулату Гаммета (H_0 , H_-). Отклонения от соблюдения постулата Гаммета выражаются ур-нием:

$$\lg (f_{\text{В}} \cdot f_{\text{Н}}^*/f_{\text{ВН}}^*) = m^* \lg (f_{\text{В}} \cdot f_{\text{Н}}^*/f_{\text{ВН}}^*) = m^* X,$$

где В^* – «идеальное» основание; В – основание из данного ряда; m^* – параметр, характерный для данного класса соед. Практическое применение избыточной кислотности X основано на линейном соотношении:

$$\lg (c_{\text{ВН}}^*/c_{\text{В}}) - \lg c_{\text{Н}}^* = m^* X + pK_{\text{ВН}}^*,$$

где $c_{\text{Н}}^*$ – равновесная концентрация протонов в р-р.

Схема протонирования слабого основания ($\text{В} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{ВН}^+$) не есть реальное хим. равновесие в р-рах к-т. Протон в таких р-рах существует в виде простейшего устойчивого гидрата H_2O_2^+ , а протонирование основания В есть р-ция замещения: $\text{В} + \text{H}_2\text{O}_2^+ \rightleftharpoons \text{ВНОН}_2^+ + \text{H}_2\text{O}$. Индикаторные отношения $c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}}^*$ и константы основности вычисляют так же, как и при формальной схеме протонирования:

$$K_{\text{ВН}}^* = \frac{c_{\text{В}}}{c_{\text{ВНОН}_2^+}} \cdot \frac{f_{\text{ВНОН}_2^+}}{f_{\text{ВНОН}_2^+}} = \frac{c_{\text{В}}}{c_{\text{ВНОН}_2^+}} \cdot h_0,$$

где $a_{\text{H}_2\text{O}}$ – активность воды. Присутствие $a_{\text{H}_2\text{O}}$ в ф-ле для кислотности объясняет известный факт независимости отношения $h_0/a_{\text{H}_2\text{O}}$ от природы сильной к-ты (для других Ф. к. это не соблюдается).

Дигидрат протона H_2O_2^+ и протонир. форма ВНОН_2^+ образованы сильной симметричной водородной связью центр. протона: $(\text{H}_2\text{O} \cdots \text{H} \cdots \text{ОН}_2)^+$ и $(\text{В} \cdots \text{H} \cdots \text{ОН}_2)^+$. Геом. и энергетич. параметры этой связи не зависят от структуры участвующих в ней частиц, а ее энергия разрыва достаточно велика (134,1–142,5 кДж/моль). Этим можно объяснить соблюдение постулата Гаммета. Отклонения от соблюдения постулата, в частности, м. б. объяснено образованием другой протонир. формы по схеме: $\text{В} + \text{H}_2\text{O}_2^+ \rightleftharpoons \text{ВН}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$. Такие случаи имеют место, если разность сродства к протону молекул В и H_2O превышает 113 кДж/моль.

Корректное использование Ф. к. для расчетов степеней протонирования и констант основности хим. соед. в р-рах к-т должно быть основано, во-первых, на установлении механизма ионизации данного соед., во-вторых, на уверенности в том, что образующаяся протонир. форма есть ион, образованный сильной симметричной водородной связью.

Понятие Ф. к. введено Л. Гамметом в 1932.

Лит.: Гаммет Л. П., Основы физической органической химии, пер. с англ., М., 1972; Либрович Н. Б., «Изв. АН СССР. Сер. хим.», 1990, № 1, с. 32–35; Rochester C. H., Acidity functions, L. N. Y., 1970; Cox R. A., Yates K., J. Amer. Chem. Soc., 1978, v. 100, № 12, p. 3861–67.

Н. Б. Либрович.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ГРУППА, структурный фрагмент молекулы, характерный для данного класса орг. соед. и определяющий его хим. св-ва. Примеры Ф. г.: азидная, гидроксильная, карбонильная, карбоксильная, азогруппа, аминогруппа. К Ф. г. не относят такие группы, как, напр., метил, фенил, 2-пиридил. Иногда в качестве Ф. г. рассматривают одиночные атомы металлов и неметаллов, а также заместители, содержащие двойные связи алкенов, тройные связи алкинов, л-электронные системы сопряженных диенов и ароматич. углеводородов и др. В полифункциональных соед. присутствует неск. Ф. г.

В части литературы, преим. устаревшей, различают Ф.г. (напр., COOH , OH , NH_2) и нефункциональные (напр., галогены, NO_2 , NO , N_3). В номенклатурных правилах эти понятия объединяются под назв. характеристические группы.

Для количеств. и качеств. определения Ф.г. используют хим. методы, основанные на характерных для данной группы р-циях (см. *Органических веществ анализ*), а также методы спектроскопии.

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ПОЛИМЕРОВ, характеризует число функц. групп в макромолекуле.

В отличие от низкомолекулярных соединений, понятие «функциональность» для высокомолекулярных соединений, как и понятие «молекулярная масса» (ММ), имеет статистический смысл и характеризуется (по аналогии со средними ММ) значениями среднечисловой функциональности \bar{f}_n (отношение суммарного числа функц. групп к общему числу молекул в системе) и среднемассовой \bar{f}_w функциональности (определяет разброс функциональности в молекулах полимера):

$$\bar{f}_n = \sum n_i f_i / \sum n_i; \quad \bar{f}_w = \sum n_i f_i^2 / \sum n_i f_i;$$

где n_i — число молекул с функциональностью f_i .

Полимерные молекулы могут содержать в цепи как специально введенные реакционноспособные функц. группы разл. типа (напр., OH , COOH , NH_2 , SH , $\text{CH}=\text{CH}_2$), так и любые др. группы (Cl , CH_3 и др.). Система представлений о Ф.п. наиб. полно развита для олигомеров (содержащих реакционноспособные группы на концах или в цепи молекул), находящих широкое применение при получении разл. типов полимерных материалов в результате целенаправленного превращения функц. групп.

Экспериментально \bar{f}_n для таких олигомеров может определяться из отношения $\bar{f}_n = \bar{M}_n / \bar{M}_s$ (\bar{M}_n — среднечисловая ММ полимера, \bar{M}_s — эквивалентная ММ, или средняя ММ, приходящаяся на одну функц. группу), а \bar{f}_w — косвенными методами по точке гелеобразования при отверждении олигомеров. Для определения \bar{M}_s применяют обычно ИК и УФ спектроскопию, ЯМР, методы хим. анализа. Для олигомеров, содержащих один тип функциональности (только моно-, би- или f -функциональные), дисперсность по функц. группам $\bar{f}_w / \bar{f}_n = 1$, в случае набора молекул с разл. функциональностью $\bar{f}_w / \bar{f}_n > 1$.

Наиб. полно функциональность олигомеров и полимеров отражает распределение по типам функциональности (РТФ) — аналог ф-ции ММР, количественно характеризующее относит. содержание макромолекул с разл. числом и типом функц. групп. Наиб. универсальный метод количеств. анализа РТФ полимеров — высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) в колоночном или тонкослойном вариантах.

Одновременное использование для характеристики полимеров с функц. группами РТФ и ММР позволяет отнести все известные полимеры к 3 осн. типам: 1) полимеры (чаще олигомеры) со строго определенной функциональностью (наиб. распространены би-, реже — три- и более функциональные), для таких полимеров в идеальном случае $\bar{f}_w / \bar{f}_n = 1$, $\bar{M}_w / \bar{M}_n > 1$ (\bar{M}_w — среднемассовая мол. м.); 2) полифункциональные линейные или разветвленные полимеры с регулярным чередованием функц. групп в цепи, для таких полимеров характерна линейная зависимость f_i от M_i , а $\bar{f}_w / \bar{f}_n > 1$ и является ф-цией \bar{M}_w / \bar{M}_n ; 3) полифункциональные линейные или разветвленные полимеры с нерегулярным чередованием функц. групп в цепи, зависимость f_i от M_i в этом случае может иметь разл. вид (в т. ч. носить экстремальный характер).

Каждый из рассмотренных типов Ф.п. требует специфич. подхода к выбору методов исследования его РТФ. Для олигомеров 1-го и 2-го типа с $f < 5$ оптимальным является использование ВЭЖХ в критич. (на границе эксклюзионного и адсорбционного) режиме разделения, что позволяет за счет

исчезновения деления по ММ проводить разделение непосредственно по числу и типу функц. групп в макромолекуле.

Для анализа РТФ полимеров 2-го и 3-го типа обычно применяют эксклюзионную (в более редких случаях градиентную адсорбционную) хроматографию с детекторами комбинированного типа (напр., рефрактометр, УФ или ИК спектрометр), позволяющими одновременно и непрерывно измерять кол-во полимера определенного размера и концентрации в нем функц. групп.

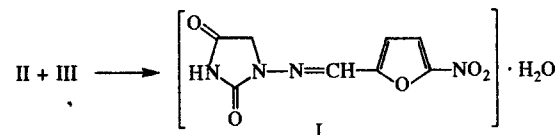
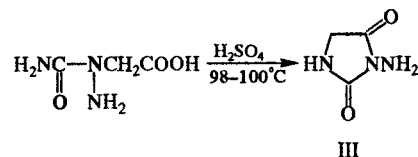
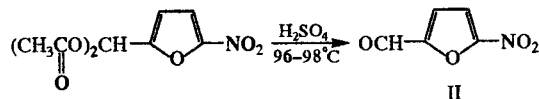
Ф.п. играет важную роль в химии высокомолекулярных соединений: характеризует реакц. способность полимеров, их способность к комплексообразованию и адсорбции, р-имость, ряд важных реологич. и др. физ.-хим. и физ.-мех. св-в. Для олигомеров параметры РТФ м. б. использованы для исследования процессов их синтеза и превращения, прогнозирования св-в полимерных продуктов на их основе. Параметры РТФ должны входить как важнейшие характеристики в техн. условия для полимеров с функц. группами.

Лит.: Энтелс С.Г. [и др.], в сб.: Успехи химии и физики полимеров, М., 1973, с. 201–38; Энтелс С.Г., Евреинов В.В., Кузав А.И., Реакционноспособные олигомеры, М., 1985.

В.В. Евреинов.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ, см. *Органических веществ анализ*.

ФУРАДОНИН [гидрат 1-(5-нитрофурулидениламино)гидантоина; ф-ла II], мол. м. 256,18; желтые или оранжево-желтые кристаллы горького вкуса, т. пл. 258–263 °С (с разл.); практически не раств. в воде и этаноле, плохо раств. в ацетоне. При хранении на свету разлагается с изменением цвета. При получении Ф. сначала синтезируют 5-нитрофурурол (II) и 1-аминогидантоин (III). Неустойчивые соедин. II и III (без выделения из реакц. смеси) конденсируются при 80 °С:



Ф. — противомикробное ср-во, действует на грамположит. и грамотрицат. бактерии. Эффективен при заболеваниях мочевых путей. Способен задерживать развитие микроорганизмов, устойчивых к сульфаниламидам и антибиотикам. Иногда вызывает аллергию и др. побочные эффекты, к-рые предотвращают введением антигистаминных препаратов и витаминов. Склонен к самовозгоранию; т. воспл. 95 °С, КПВ (нижний) 75 г/м³.

Лит.: Машковский М.Д., Лекарственные средства, 10 изд., т. 2, М., 1987, с. 268.

Л.Н. Койков.

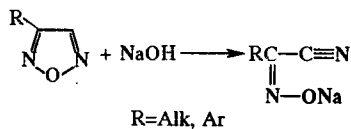
ФУРАЗАН (1,2,5-оксадиазол), мол. м. 70,05; бесцв. жидкость; т. кип. 98 °С; d_4^{20} 1,1680; n_D^{20} 1,4077; хорошо раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде; с диметилсульфатом и тетрафтороборатом триэтилоксония образует четвертичные соли.



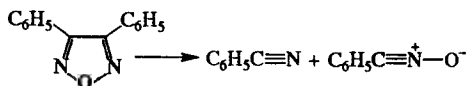
Производные Ф. — бесцв. жидкости или кристаллы; для 3-фенил-Ф. т. пл. 36–36,5 °С, для 3,4-диметил-Ф. т. пл. –7 °С, т. кип. 156 °С.

Ф. и его замещенные не вступают в р-ции с электроф. и нуклеоф. агентами по гетерокольцу, напр. нитрование или галогенирование арилзамещенных Ф. происходит лишь в

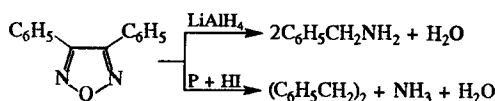
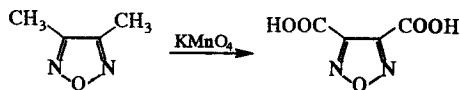
ароматич. кольцо заместителя. Под действием оснований Ф. и его монозамещенные превращаются в соли оксимов соответствующих α -оксонитрилов:



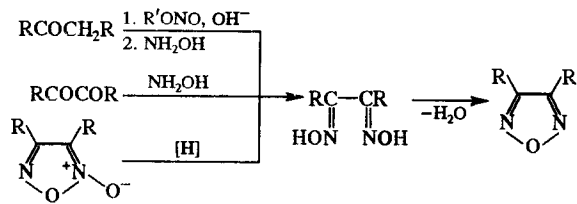
Арилзамещенные Ф. устойчивы к действию HCl при 200 °C и термич. воздействию, напр. 3,4-дифенил-Ф. начинает разлагаться лишь при 250 °C с расщеплением связей N—O и C-3—C-4 по p-ции:



Окисление 3,4-диметил-Ф. KMnO₄ приводит к фуран-3,4-дикарбоновой к-те, восстановление моно- и дизамещенных Ф. действием LiAlH₄, P + HI, Sn + HCl и др. агентами — к раскрытию цикла, напр.:

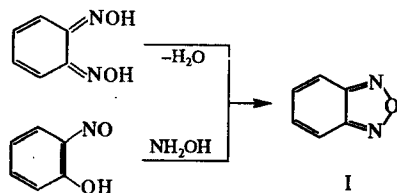


Общий метод синтеза Ф. и его производных — дегидратация α -диоксимов под действием CuSO₄, уксусного ангидрида, SOCl₂, POCl₃; α -диоксимы, в свою очередь, м. б. получены из кетонов, содержащих α -метиленовые группы, α -дикетонов или фураноксанов:



Незамещенный Ф. получают нагреванием глиоксима с ангидридом янтарной к-ты при 150–170 °C.

Наиб. изученное конденсированное производное Ф. — бензофуран (ф-ла I) — синтезируют из диоксима *o*-хинона или из *орто*-дизамещенных производных бензола по p-циям:

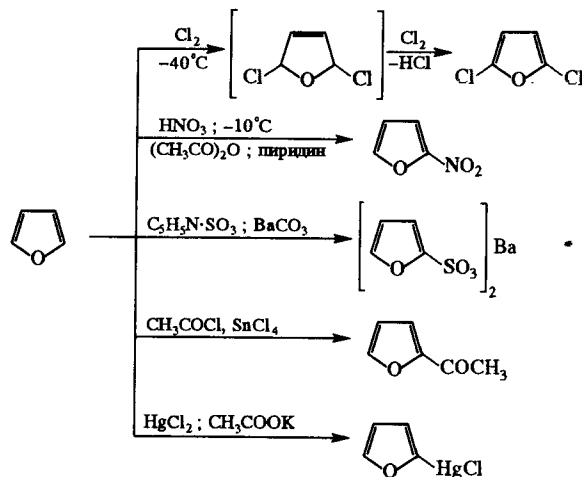


Производные Ф. обладают противомикробным действием.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерида, пер. с англ., т. 7, М., 1965, с. 357–88; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 527–30; The chemistry of heterocyclic compounds, ed. by A. Weissberger, v. 17, 1962, p. 283–95; Comprehensive heterocyclic chemistry, ed. A. P. Kutzky, v. 6, Oxf., 1984, p. 393–426. Г. А. Шехтгеймер, В. И. Келарев.

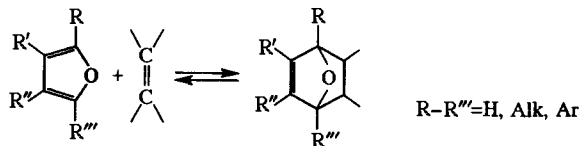
ФУРАН, мол. м. 68,075; бесцв. жидкость с запахом, напоминающим хлороформ; т. пл. –85,6 °C; т. кип. 31,83 °C; d_4^{20} 0,937; n_D^{20} 1,4214; ур-ния температурной зависимости давления пара: $\lg p = 8,4768 - 1671,4/T$ (198–259 K); $\lg p = 7,6506 - 1457,7/T$ (276–366 K); $p_{\text{крит}}$ 5,15 МПа; $t_{\text{крит}}$ 214 °C; $d_{\text{крит}}$ 0,312 г/см³; η 3,8 мПа·с (20 °C); γ 24,1 мН/м (20 °C); C_p^0 59,44 Дж/(моль·K); $\Delta H_{\text{исп}}^0$ –62,37 кДж/моль; $\Delta H_{\text{гор}}^0$ –2,08 МДж/моль; $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 3,8 кДж/моль; $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 27,2 кДж/моль; S_{298}^0 261,8 Дж/(моль·K); μ $0,2397 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; ϵ 2,95 (20 °C). Смешивается во всех отношениях с ацетоном, бензолом, CHCl₃ и др. орг. p-рителями, слабо раств. в воде (при 25 °C в 100 г воды раств. 1 г Ф.); в 100 г Ф. раств. 0,3 г воды. Образует азеотропные смеси с водой (98,8% Ф. по массе, т. кип. 30,5 °C) и 2-метилбутаном (92% Ф., т. кип. 27,95 °C). Устойчив к действию щелочей, разлагается к-тами.

Ф. — гетероароматич. соед., св-ва к-рого определяются наличием кольцевого секстета π -электронов, образованных 4 π -электронами двух связей C=C и неподеленной электронной пары гетероатома; другая неподеленная пара электронов атома кислорода остается свободной и может участвовать в образовании оксидных соединений. Для Ф. характерны p-ции электроф. замещения: галогенирование, нитрование, сульфирование, ацилирование, меркурирование и др.; причем низкая устойчивость цикла требует проведения этих p-ций в «мягких» условиях, напр.:

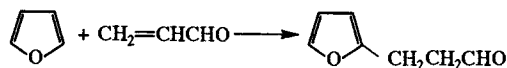


Введение электроноакцепторных заместителей повышает устойчивость ядра Ф.; так, напр., 2-фуранкарбоновая (пироксизевая) к-та (т. пл. 133 °C, т. кип. 230 °C, 141–144/20 мм рт. ст.) легко нитруется конц. HNO₃ в соответствующее 5-нитропроизводное, в то время как Ф. в этих условиях разрушается. P-ция Ф. с бромцианом приводит к смеси 2-бром- и 2-цианофуранов, формилирование — к фулфурулу, озонирование — к смеси глиоксала и формальдегида, окисление H₂O₂ в присут. катализатора Os₂O₈ — к малеиновому ангидриду.

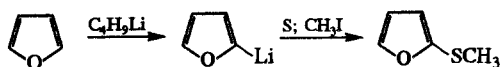
Ф. проявляет также св-ва диена и может участвовать в диеновом синтезе, напр.:



В случае менее активных диенофилов, напр. акролеина, имеет место заместительное присоединение:



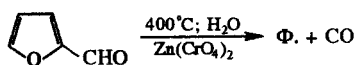
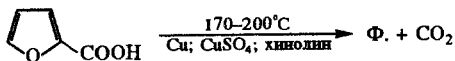
Ф. и многие его замещенные легко вступают в р-ции металлизации, что используют в препаративных целях, напр. для синтеза сульфидов:



Гидрирование Ф. над Ni-Ренея (100–160 °С, 16 МПа) приводит к тетрагидрофурану. При более высоких т-рах происходит гидрогенолиз фуранового кольца. При действии H₂S или NH₃ (450–500 °С, Al₂O₃) Ф. превращается в тиюфен или пиррол (р-ция Юрьева).

Ф. вместе с 2-метилфураном (сильваном) содержится в продуктах сухой перегонки нек-рых пород древесины.

В лаборатории Ф. обычно получают декарбоксилированием пирозлиевой к-ты, в пром-сти – декарбонилированием фурфурола:



Ф. применяют для получения ТГФ, тиюфена, пиррола, селенофена и малеинового ангидрида, а также в качестве р-рителя и экстрагента масел и жиров. Производные Ф. используют как лек. средства (см. Фурадонин, Фуросемид) и средства защиты растений.

Ф. проникает через неповрежденную кожу, поражает центр. нервную систему, печень. ЛД₅₀ при ингаляции ок. 3000 мг/м³ (мыши, 2 ч), ПДК 0,5 мг/м³; ПДК в воде 0,2 мг/л. Т. всп. –50 °С; т. самовоспл. 510 °С; КПВ 1,2–8,0% по объему; ниж. температурный предел взрываемости –50 °С, верхний –14 °С.

Лит.: Иванский В. И., Химия гетероциклических соединений, М., 1978; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 117–78; Dunlop A. P., Peters F. N., The Furans, N. Y., 1953.

С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

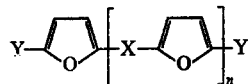
ФУРАНОВЫЕ СМОЛЫ, термореактивные олигомерные или полимерные продукты конденсации и ионной полимеризации фурфурола, фурфурилового спирта и их смесей друг с другом или с разл. соединениями. Представляют собой твердые аморфные или жидкие темноокрашенные в-ва. Механизм и глубина протекания р-ций, приводящих к образованию и отверждению смол, а следовательно, структура и св-ва последних на разл. стадиях получения зависят не только от типа и соотношения исходных компонентов, но и от природы и кол-ва катализатора, условий проведения р-ций.

Многообразие и сложность этих р-ций обусловлены высокой реакционной способностью альдегидной (в фурфуроле) и метилольной (в фурфуриловом спирте) групп, атомов водорода в α-положении к цикли. атому О, а также наличием способных к ионной полимеризации двойных связей. Кроме того, фурановые циклы способны к конденсации, а после нарушения сопряжения – к раскрытию. Фурфурол и фурфуриловый спирт могут конденсироваться между собой, с др. альдегидами, кетонами, спиртами, а также с фенолами. Эти р-ции ускоряются кислотными и, в меньшей степени, щелочными катализаторами. Ионная полимеризация по двойным связям и раскрытие цикла катализируются сильными протонными к-тами (соляной, серной, фосфорной и др.) или к-тами Льюиса (галогенидами металлов).

Наиб. значение имеют Ф. с., получаемые из фурфурола, фурфурилового спирта (его олигомеры называют также фурфуриловыми смолами) или их смесей в заданном соотношении, напр. смолы из фурфурилфурфурала – продукта взаимод. фурфурола с фурфуриловым спиртом в молярном соотношении 1:2. Жидкие Ф. с. этого типа синтезируют в присут. небольшого кол-ва сильной к-ты при повышенной

т-ре с послед. нейтрализацией получаемых продуктов водным р-ром аммиака или щелочи.

Твердые Ф. с. на основе фурфурола или фурфурилового спирта получают в присут. гексаметилентетрамина или небольшого кол-ва воды и малеинового ангидрида в качестве катализатора. Такие Ф. с. в исходном состоянии представляют собой сложные смеси линейных и разветвленных олигомеров, фурановые циклы к-рых соединены в α-положениях разл. мостиковыми группами и содержат свободные функц. группы в концевых звеньях:



X = CH₂, CH(OH), CH₂OCH₂,

Y = C(O)H, CH₂OH, H; n = 0–20

При образовании олигомеров возможно возникновение мостиковых связей между циклами в результате частичной полимеризации по двойным связям. Такие смолы раств. в спиртах, сложных эфирах, кетонах, ароматич. углеводородах. В нейтральной среде при комнатной т-ре они сохраняют хим. активность в течение года и более.

При введении кислотного катализатора, напр. бензол- или п-толуолсульфокислот, их хлорангидридов или аммониевых солей, и(или) при нагревании Ф. с. отверждаются благодаря поликонденсации функц. групп (с выделением воды в качестве побочного продукта) и ионной полимеризации по двойным связям, инициируемой термически или кислотными катализаторами (без выделения низкомол. в-в).

В отвержденном состоянии Ф. с. представляют собой жесткие и хрупкие, стойкие к термич. (до 300 °С), радиационным и хим. воздействиям густосетчатые полимеры темного цвета. При карбонизации они дают высокий выход кокса (60–80%) с образованием неграфитизируемых углеродных материалов.

Широко применяют также Ф. с. – продукты альдольной конденсации фурфурола с ацетоном в щелочной среде. Р-ция сопровождается отщеплением воды и образованием фурфурилиденацетона и дифурфурилиденацетона.

Смолы этого типа способны отверждаться по механизму ионной полимеризации по ненасыщенным связям в присут. кислотных катализаторов и при повышенной т-ре с образованием густосетчатых жестких и хрупких полимеров, близких по структуре и св-вам к отвержденным Ф. с. на основе фурфурола и фурфурилового спирта. Фурфурол-ацетоновые мономеры используют непосредственно для создания отверждающихся композиций или их предварительно подвергают форполимеризации с образованием жидких и твердых р-римых олигомеров (формополимеров), отверждаемых на дальнейших стадиях переработки.

Неотвержденные Ф. с. на основе фурфурола, фурфурилового спирта и фурфурол-ацетоновых мономеров хорошо совмещаются с пластификаторами, термопластичными полимерами, реакционноспособными олигомерами и термореактивными смолами, каучуками, асфальтами и пеками. Их сочетание с мономерными, олигомерными и полимерными добавками (как правило, реакционноспособными), а также синтез в присут. этих добавок широко используют для модификации Ф. с. Наиб. часто модификацию проводят конденсацией фурфурола с фенолами и формальдегидом, фурфурилового спирта или фурфурол-ацетоновых мономеров с метилольными производными фенолов и меламина, фурфурилового спирта с ксилитом, тетрагидроксисиланом и др. полифункц. мономерами. Твердые Ф. с. сплавляют с новолачными феноло-формальдегидными смолами. Жидкие мономеры – фурфурол, фурфуриловый спирт, продукты их конденсации с ацетоном – вводят в феноло-формальдегидные, эпокси-дические, бисмалеинимидные смолы в качестве реакционноспособных (активных) р-рителей для регулирования вязкости и скорости отверждения исходных композиций и повышения их хим. и термич. стойкости в отвержденном состоянии.

Ф. с. и их модификации используют гл. обр. в качестве отверждающихся связующих полимербетонов, коррозионно-

или огнестойких замазков (мастик), волокнистых слоистых стекло-, угле- и асбопластиков, древесно-стружечных и древесно-волокнистых плит, а также как клеи, лаки, пропиточные составы и др. Используют также их в произ-ве стеклоуглерода, углерод-углеродных композиционных материалов и как вулканизирующие агенты для каучуков.

Ф. с. токсичны и при работе с ними требуется соблюдение мер предосторожности.

Лит.: Маматов Ю. М., Фурановые смолы. Производство и применение, М., 1974; его же, Полимерные материалы на основе фурановых смол и их применение, М., 1975; Кузнецова И. Б., Кроль М. С., в кн.: Справочник по пластическим массам, т. 2, М., 1975, с. 331-334. П. Г. Бабаевский.

ФУРИЛДИОКСИМ (2,2'-фурилдиоксим), мол. м. 220,2; кристаллы желтоватого цвета; т. пл. 166-168 °С; хорошо раств. в этаноле, сероуглероде, диэтиловом эфире, хуже – в бензоле, раств. в воде (0,22 г в 100 мл); pK_a 9,8 и 11,25.

Получают Ф. нагреванием разб. р-ра 1,2-ди(2-фурил)этандиона (фурила) в этаноле с $NH_2OH \cdot HCl$.

Ф. – реагент для экстракционно-фотометрич. определения металлов – Ni(II), Pd(II), Cu(II), Co(II), Re(IV) и др., с к-рыми образует окрашенные внутрикомплексные соединения.

Так, напр., определение Ni проводят при pH 7,8-8,5 (λ 438 нм, ϵ $1,9 \cdot 10^4$; предел обнаружения 0,001 мкг/мл); метод более чувствителен, чем при использовании *диметилглиоксима*. Для маскировки ионов Al, Bi, Cr, Fe, Sb, Sn и Ti применяют тартраты щелочных металлов. Pd определяют при pH 3-4 (λ 380 нм, ϵ $2,5 \cdot 10^4$; предел обнаружения 0,008 мкг/мл). С помощью Ф. возможно также гравиметрич. определение Pt.

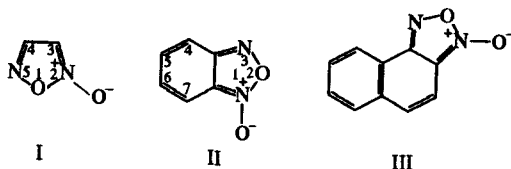
Ф. можно использовать также для определения косвенным методом NO_3^- (мешает образованию комплексов металлов с Ф.) и CN^- (вытесняет металл из комплекса).

Лит.: Марченко З., Фотометрическое определение элементов, пер. с польск., М., 1971, с. 271-74, 323-24.

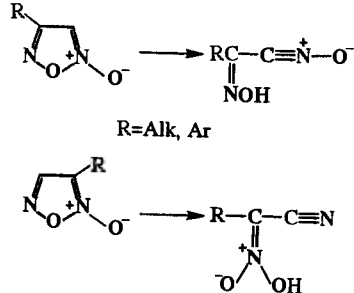
ФУРИЛОВЫЕ СМОЛЫ, см. *Фурановые смолы*.

ФУРОКСАН (1,2,5-оксадиазол-N-оксид, N-оксид фуразана), мол. м. 86,03. Незамещенный Ф. (ф-ла I) не выделен; производные Ф. – бесцв. жидкости или кристаллы; не раств. в воде, раств. в орг. р-рителях.

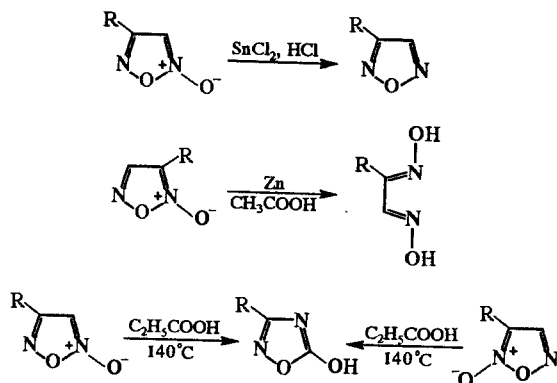
Наиб. изучены моно- и дзамещенные производные Ф., а также конденсированные Ф. – бензофуроксан (II) и нафто[1,2-с]фуроксан (III). Т. пл. 3-, 4-фенилфуроксанов, 3,4-диметилфуроксана, бензофуроксана и нафто[1,2-с]фуроксана соотв. 108-109, 111-112, 114, 72 и 127 °С.



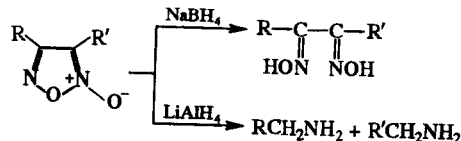
При действии оснований 4-замещенные Ф. превращаются в N-оксиды замещенных α -гидроксииминоацетонитрилов, 3-замещенные – в ациформы замещенных α -нитроацетонитрилов:



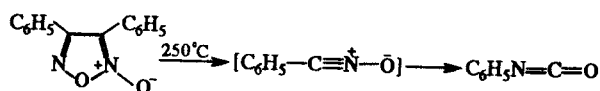
При восстановлении $SnCl_2$ 4-замещенные Ф. превращаются в соответствующие 1,2,5-оксадиазолы (3-замещенные в этих условиях не восстанавливаются), при действии Zn в CH_3COOH – в производные глиоксимов, при нагрев. в протонных к-тах – в производные 1,2,4-оксадиазола, напр.:



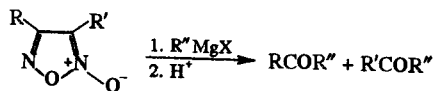
Дзамещенные производные Ф. под действием Zn в CH_3COOH , $SnCl_2$ в HCl или CH_3COOH , триалкилфосфинов и триалкилфосфатов восстанавливаются до 3,4-дзамещенных 1,2,5-оксадиазола. Электрохим. восстановление, действие NH_2OH в щелочной среде, $NaBH_4$ или каталитич. гидрирование приводят к соответствующим замещенным глиоксима, действие $LiAlH_4$ – к аминам, напр.:



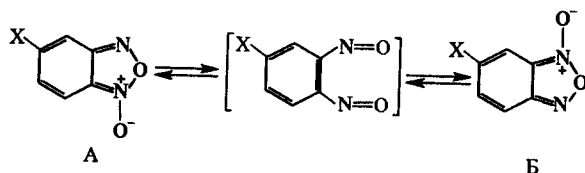
Термолит производных Ф. протекает с образованием N-оксидов нитрилов, к-рые при высокой т-ре изомеризуются в изоцианаты, напр.:



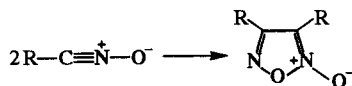
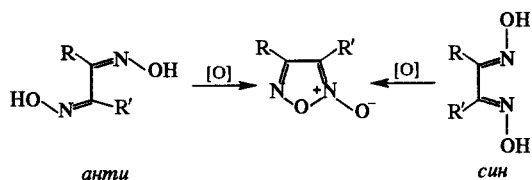
Взаимод. дзамещенных производных Ф. с реактивами Гриньяра приводит к смеси кетонов:



Для 5(6)-замещенных бензофуроксана характерно таутомерное превращение, протекающее через стадию образования о-динитропроизводных бензола; если X – электронодонорная группа, то равновесие смещено в сторону формы А, если электроноакцепторная – то в сторону формы Б:



Общий метод получения производных Ф. – окисление стереоизомеров глиоксимов под действием $K_3Fe(CN)_6$, $NaXO$ (X = Cl, Br), $Br_2 + H_2O$, I_2 , N_2O_4 , HNO_3 или $Pb(OCOCH_3)_4$ и димеризация N-оксидов нитрилов:

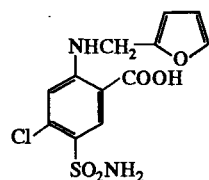


Бензофуроксан синтезируют из диоксима *o*-бензохинона. Производные Ф. — ингибиторы полимеризации и коррозии, сенсibilизаторы фотоматериалов, пластификаторы полимерных композиций, компоненты ВВ и твердых ракетных топлив, многие производные Ф. проявляют физиол. активность, регулируют рост растений.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 7, М., 1965, с. 357–415; Хмельницкий Л. И., Новиков С. С., Годовикова Т. И., Химия фураноксанов. Строение и синтез, М., 1981; о них же, Химия фураноксанов. Реакции и применение, М., 1983; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 530–35; Stuart K. L., Heterocycles, v. 3, 1975, p. 651; Paton R. M., в кн.: Comprehensive heterocyclic chemistry, ed. by A. R. Katritzky, v. 6, pt 4B, N. Y., 1984, p. 394.

Г. А. Швехгеймер, В. И. Келарев.

ФУРОСЕМИД [N-(2-фурилметил)-4-хлор-5-сульфамойлантираниловая к-та, лазикс, фурантрил], мол. м. 330,75; бесцв. кристаллы, т. пл. 204–209 °С (с разл.); не раств. в воде, раств. в орг. р-рителях. Светочувствителен. Получают взаимодействием 2,4-дихлор-5-сульфамойлбензойной к-ты с фурфуриламином при 115–120 °С.



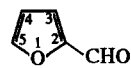
Ф. — диуретик. (салуретик.) ср-во. В организме угнетает реабсорбцию ионов Na⁺ и Cl⁻ в проксимальных и дистальных участках извитых канальцев почек и в области восходящего отдела петли

Генле. В меньшей степени угнетает реабсорбцию ионов K⁺, не влияет на угольную ангидразу; эффективен в условиях ацидоза и алкалоза. Увеличивает отделение мочи, снижает артериальное давление, уменьшает отеки, расширяет периферич. сосуды. Ф. применяют при сердечно-сосудистых заболеваниях, циррозе печени, отеках легких и мозга, болезнях почек, гипернатрич. болезнях.

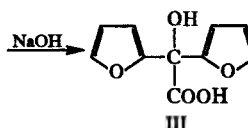
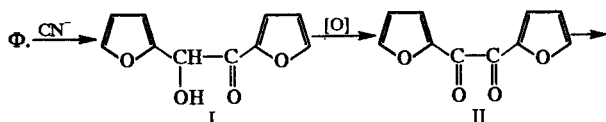
Г. Я. Шварц.

ФУРФУРИЛОВЫЙ СПИРТ, см. Фурфурол.

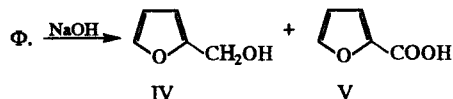
ФУРФУРОЛ (фурфураль, 2-фуранкарбальдегид), мол. м. 96,09; быстро темнеющая на воздухе жидкость с запахом ржаного хлеба; т. пл. –38,7 °С, т. кип. 161,5 °С, 39,9/8 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,1594; n_D^{20} 1,5255; η 1,49 мПа·с (25 °С); γ 40,7 мН/м (29,9 °С); μ 12,04·10⁻³⁰ Кл·м; ур-ние температурной зависимости давления пара (313,05–443,75 К): $\lg p$ (мм рт. ст.) = 8,0564 – 2251/T; $p_{\text{крист}}$ 5,502 МПа, $t_{\text{крист}}$ 397 °С; C_p 1,75 кДж/(кг·К); $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –200 кДж/моль; $\Delta H_{\text{гор}}^0$ –2,34 МДж/моль; ϵ 38 (бензол, 25 °С). Смешивается со мн. орг. р-рителями, раств. в воде (8,3% по массе при 20 °С и 19,9% при 90 °С); перегоняется с водяным паром. Образует азеотропные смеси с водой (т. кип. 97,85 °С, 35% Ф. по массе), пентахлорэтаном (т. кип. 156,75 °С, 40% Ф.) и бромбензолом (т. кип. 153,3 °С, 23% Ф.).



По хим. св-вам Ф. — ароматич. альдегид. В присут. солей синильной к-ты вступает в бензоиновую конденсацию, образуя фуруин (ф-ла I), к-рый при окислении превращается в фурил (II); последний при нагревании с едкими щелочами перегруппировывается в фуриловую к-ту (III):



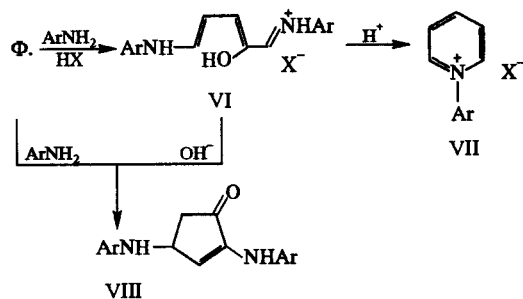
Нагревание с р-рами щелочей приводит по р-ции Канниццаро к смеси фурфурилового спирта (ф-ла IV; т. пл. –14,6 °С, т. кип. 171 °С, d_4^{20} 1,1285; n_D^{20} 1,4868) и пиррослизевой к-ты (V):



Ф. легко конденсируется с соед., имеющими активные метильные или метиленовые группы по р-ции Перкина; так, нагревание с диацетамидом и ацетатом Na при 180 °С дает смесь амида 3-(2-фурил)акриловой к-ты и пиррослизевой к-ты. Конденсация Ф. с фурфуриловым спиртом и др. спиртами, а также с фенолами, кетонами и альдегидами приводит к **фурановым смолам**.

Электроф. замещение Ф. идет в положение 5. При хлорировании в присут. бензоилпероксида и нитровании дымящей HNO₃ Ф. превращается соотв. в 5-хлор- и 5-нитропроизводные; взаимодейств. с HgCl₂ приводит к 5-меркурхлориду Ф. При действии NH₃ в присут. CH₃OH (150–250 °С, 20,8 МПа, кат. Со) Ф. превращается в пиперидин.

При действии на Ф. первичных ариламинов в кислой среде происходит раскрытие цикла с образованием соли VI, к-рая под влиянием к-ты циклизуется в пиридиновую соль VII, а при действии оснований — в замещенный циклопентенон VIII; последний м. б. получен непосредственно при взаимодейств. Ф. с ариламином в отсутствие к-ты:



Одна из особенностей Ф. — автоокисление с образованием муравьиной и 2-формилакриловой к-ты. Окисление Ф. в разл. условиях приводит к расщеплению цикла Ф. с образованием смеси малеиновой к-ты и малеинового ангидрида (200–400 °С, кат. V₂O₅), пиррослизевой к-ты (50 °С, кат. Ag₂O, щелочная среда), смеси 3-гидроксипиррослизевой к-ты и 3-гидроксифурфура (H₂O₂, 40 °С), фумаровой к-ты (нагревание с NaClO₃, кат. V₂O₅). При гидрировании на CuO/Cr₂O₃ (5–10 МПа, 200–250 °С) Ф. превращается в сивлан (2-метилфуран), при 150–170 °С — в фурфуриловый спирт, дальнейшее гидрирование к-рого над Ni-Ренея при 230–250 °С и 5–10 МПа ведет к тетрагидрофурфуриловому спирту. В присут. Zn(CrO₂)₂ Ф. декарбонилируется в фуран.

Ф. получают гидролизом растит. пентозансодержащего сырья (кукурузные початки, овсяная и рисовая шелуха, хлопковые коробочки и др.) разбавленными минер. к-тами с непрерывной отгонкой продукта с паром.

Ф. — сырье для синтеза фурана, сивлана, фурфурилового спирта, ТТФ, фурановых смол, лек. средств (напр., фурацилина) и пестицидов, экстрагент при очистке нефти и растит. масел от углеводородов.

Т. всп. 64 °С, т. самовоспл. 290 °С, КПВ 2,1–19%. Ф. — нервный яд, обладает раздражающим действием; ЛД₅₀

126 мг/кг (крысы, перорально); ПДК в атм. воздухе 0,05 мг/м³, в воде водоемов 1 мг/л.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, 1985, с. 163; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 10, N. Y., 1980. См. также лит. при ст. Фуран.
С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

ФУРЬЕ-СПЕКТРОСКОПИЯ (фурье-спектрометрия, ФС), метод оптич. спектроскопии, в к-ром спектр получают в результате фурье-преобразования т. наз. интерферограммы исследуемого излучения. Интерферограмма зависит от оптич. разности хода двух лучей и представляет собой Фурье-образ спектра, т. е. ф-ции распределения энергии излучения по частотам.

Прибором для ФС служит фурье-спектрометр (рис.), основная часть к-рого – интерферометр Майкельсона (изобретен А. Майкельсоном в 1880). Интерферометр содержит два взаимно перпендикулярных зеркала – неподвижное 1 и подвижное 2 и полупрозрачную светоделительную пластину 3, расположенную в месте пересечения падающих пучков излучения и пучков, отраженных от обоих зеркал. Пучок излучения от источника 4, попадая на пластину 3, разделяется на два пучка. Один из них направляется на неподвижное зеркало 1, второй – на подвижное зеркало 2; затем оба пучка, отразившись от зеркал, выходят через светоделитель из интерферометра в одном и том же направлении. Далее излучение фокусируется на образце 5 и поступает на детектор излучения 6. Два пучка отличаются друг от друга оптич. разностью хода, величина к-рой меняется в зависимости от положения подвижного зеркала. В результате интерференции пучков интенсивность результирующего потока $I(x)$ периодически меняется (модулируется). Частота модуляции зависит от частоты падающего излучения ν и смещения подвижного зеркала x . В результирующей интерферограмме выделяется т. наз. точка нулевой разности хода, или точка белого света. В этой точке для всех частот наблюдается максимум; от нее ведут отсчет смещения подвижного зеркала. Для градуировки перемещений последнего часто используют интерферограмму монохроматич. излучения от лазера (обычно на основе He – Ne), введенного в фурье-спектрометр.

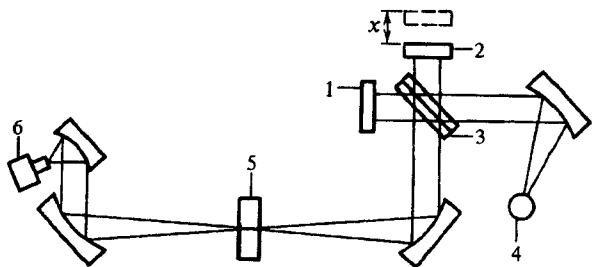


Рис. Оптич. схема фурье-спектрометра: 1 – неподвижное зеркало интерферометра; 2 – подвижное зеркало; 3 – светоделительная пластинка; 4 – источник излучения; 5 – исследуемый образец; 6 – детектор излучения.

При поглощении образцом излучения с к.-л. частотой наблюдается уменьшение интенсивности интерферограммы, соответствующей этой частоте. После проведения фурье-пре-

образования $I(\nu) = \int_{-\infty}^{+\infty} I(x) \cos(2\pi\nu x) dx$ в полученном спектре

наблюдается полоса поглощения образца. Преобразование Фурье осуществляют на ЭВМ.

Быстрое развитие и широкое применение ФС обусловлены рядом преимуществ фурье-спектрометра по сравнению с дисперсионными приборами. Т. наз. выигрыш Фелжета, или мультиплекс-фактор, связан с тем, что любая точка интерферограммы содержит информацию о всей исследуемой спектральной области. На детектор в каждый момент поступают сигналы, соответствующие всем частотам. За одно сканирование (за время t_1) регистрируется спектр с таким же отно-

шением сигнал/шум $(S/N)t_1$, как и для дисперсионного спектрометра (но за время t_2 на неск. порядков большее, чем t_1). Если для получения спектра на фурье-спектрометре затратить время t_2 , то отношение сигнал/шум возрастает во много раз в соответствии с ур-нием $(S/N)t_2/(S/N)t_1 = \sqrt{t_2/t_1}$. Другое важное преимущество фурье-спектрометра – выигрыш Жакино, или геом. фактор, определяется отсутствием в нем щелей (задерживающих в дисперсионных спектрометрах до 99,9% излучения), что дает значит. выигрыш в светосиле (\sim в 100–200 раз). Это позволяет уменьшить время регистрации спектров и отношение сигнал/шум, повысить разрешение и уменьшить габариты прибора. Вследствие того что интерферометр модулирует каждую частоту излучения разл. образом, отсутствует влияние рассеянного излучения, это обеспечивает высокую точность измерений даже высокой оптич. плотности. Любое излучение, исходящее из образца, не модулируется и не детектируется, так что в спектре отсутствуют ложные сигналы.

Наличие ЭВМ позволяет кроме вычисления спектра производить и др. операции по обработке полученных эксперим. данных, осуществлять управление и контроль за работой самого прибора.

Имеются фурье-спектрометры для получения спектров в разл. областях – от неск. см⁻¹ до десятков тыс. см⁻¹, в т. ч. спектров комбинац. рассеяния. На ИК фурье-спектрометрах достигнуто разрешение до $1,3 \cdot 10^{-4}$ см⁻¹, точность определения волнового числа до 10^{-4} см⁻¹. Созданы приборы для видимой и УФ областей, на к-рых получают, в частности, эмиссионные спектры ряда элементов (U, Np, Pd, Ho и др.) с воспроизводимостью волновых чисел $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ см⁻¹ при $(S/N) > 10^3$. Чувствительность аналит. определений на фурье-спектрометре обычно в 100–1000 раз выше, производительность в сотни раз больше, погрешности измерений на порядок меньше, чем в случае использования дисперсионных приборов. Пределы обнаружения ряда в-в достигают долей нг, а использование микроскопа позволяет анализировать включения в образцах размерами 10×10 мкм². С помощью ФС можно изучать кинетику р-ций, протекающих за время \sim ок. 1 мс.

Лит.: Инфракрасная спектроскопия высокого разрешения, пер. с англ., М., 1972; Белл Р. Дж., Введение в Фурье-спектроскопию, пер. с англ., М., 1975; Смит А., Прикладная ИК-спектроскопия, пер. с англ., М., 1982.

Э. Г. Тетерин.

X

ХАЛЬКОГЕНИДЫ, см. Халькогены.

ХАЛЬКОГЕНЫ, хим. элементы VIa гр. периодич. системы: кислород O, сера S, селен Se, теллур Te, полоний Po. Внеш. электронная оболочка атомов X. имеет конфигурацию s^2p^4 . С увеличением ат. н. возрастают ковалентные и ионные радиусы X, уменьшаются энергия ионизации атома и энергия диссоциации молекулы X_2 , где X – халькоген, падает электроотрицательность, усиливаются металлич. св-ва (табл.). Характерные степени окисления X: –2, –1, +1, +2, а также +4 и +6 для всех, кроме кислорода.

ХАРАКТЕРИСТИКА ХАЛЬКОГЕНОВ

Показатель	O	S	Se	Te	Po
Ат. номер	8	16	34	52	84
Ат. масса	15,9994	32,066	78,96	127,60	208,9824
Ковалентный ат. радиус, нм	0,066	0,104	0,16	0,17	0,153
Ионный радиус для X^{6-} , нм	0,009	0,034	0,035	0,056	0,056
Первый потенциал ионизации, эВ	13,61819	10,360	9,752	9,010	8,43
Сродство к электрону, эВ	1,465	2,07	2,02	1,96	1,87
Электроотрицательность по Полингу	3,50	2,50	2,40	2,10	1,76
Энергия диссоциации $X_2 \rightarrow 2X$, кДж/моль	493,57	426	309	263	186
Содержание в земной коре, % по массе	47	0,05	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-14}$

Наличие в атоме двух неспаренных p -электронов обуславливает возможность образования молекул X_2 с двойной связью (O_2 , S_2 , Se_2) либо молекул, катионов, анионов цепочечного (O_3 , S_3 , Se_3 , O_2^{+} , S_2^{+} и др.) или кольцевого строения (напр., S_6 , S_7 , S_8 , S_9 , S_{12} , Se_8 , Se_{16} , Te_8^{+}) с простой связью. Способность X. к образованию связей $X-X-X...$ с ростом ат. н. падает.

Существует много аллотропных модификаций X. Для кислорода известны 2 формы – O_2 и O_3 (озон), для серы – более 6. Селен образует аморфную, стеклообразную и 6 кристаллич. модификаций, для Te известны аморфная и 3 кристаллич. формы, для полония – 2 кристаллические.

Все X. – окислители. Наиб. активен кислород, образующий оксиды со всеми элементами, кроме He, Ar, Ne, Kr, с фтором дает фториды. Окислит. способность X. с ростом ат. н. уменьшается. С H_2 X. дают халькогеноводороды H_2X , термич. устойчивость к-рых с ростом ат. н. снижается. Жидкие H_2X способны к автопротолизу, в водном р-ре являются слабыми двухосновными к-тами. H_2X , кроме воды, – типичные восстановители, их восстановит. способность растет в ряду от H_2S к H_2Po . X. образуют ионно-ковалентные (с элементами Ia, Pa, Ib, Pb гр.), ковалентно-металлич. (с d - и f -элементами) и ковалентно-ионные (с p -элементами) соед. (халькогениды) разнообразного состава, многие из к-рых обладают полупроводниковыми св-вами (см. Селениды, Сульфиды неорганические, Теллуриды).

Взаимод. X. с O_2 получают кислотные оксиды HOX , образующие с водой двухосновные к-ты средней силы H_2XO_3 , где $X = S, Se, Te$. Сила к-т и их восстановит. св-ва убывают в ряду от S к Te. Оксидам HOX отвечают сильные к-ты H_2XO_4 и слабая к-та H_6TeO_6 . Окислит. св-ва наиб. характерны для H_2SeO_4 . Оксоанионы HOX_2^{+} способны к поликонденсации с образованием цепочек $X-O-X-O-...$ (напр., $Na_2S_2O_7$), $O-X-X-...$ ($Na_2S_2O_3$, $Na_2S_4O_6$), $X-O-O-X-...$ ($Na_2S_2O_8$). Соед. X. между собой (напр., Se_3S_5 , TeS_5) – это пл. обр. продукты замещения атомов одного X. другим в циклич. молекулах X_8 . Р-цией X. с галогенами получают галогениды, а также оксогалогениды ($XHal_2O$, $XHal_2O_2$ и др.), к-рые при гидролизе водой дают $HNaX$ и халькогенокислородные к-ты. Фториды более устойчивы к гидролизу и склонны к образованию комплексов.

В природе широко распространены и встречаются в свободном состоянии O и S, кроме того, S, Se и Te встречаются в виде минералов халькофильных элементов, O – в виде силикатов, прир. карбонатов, фосфатов, оксидов и др.

Лит.: Inorganic chemistry, ser. 1, v. 2, Main group elements: groups V and VI, ed. by H. Emeleus, L., 1972; Inorganic chemistry, ser. 2, v. 3, Main group elements: groups VI and VII, ed. by H. Emeleus, L., 1975; Schmidt M., Siebert W., Bagnall K., The chemistry of sulfur, selenium, tellurium and polonium, Oxf., 1975.

Л. Ю. Аликберова.

ХАНА ПРАВИЛО, см. Соосаждение.

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ, см. Термодинамические потенциалы.

ХАРТРИ-ФОКА МЕТОД, см. Молекулярных орбиталей методы.

ХВОЙНОЕ МАСЛО, эфирное масло зелени хвойных пород деревьев. Бесцв. или слабоокрашенная, обычно не р-римая в воде жидкость с характерным хвойным запахом. Многокомпонентная смесь летучих орг. соед., среди к-рых преобладают продуцируемые растениями моно-, сескви- и дитерпены (см. Терпены) и их кислородсодержащие производные (спирты, альдегиды, кетоны, эфиры, к-ты). Хим. состав зависит от породы деревьев, места их произрастания и способа получения X.м. Содержание масла в зелени (хвое, побегах, коре) хвойных деревьев: в сосновой 0,8–1, еловой 0,1–0,3, пихтовой 2,5–5% от массы абс. сухого сырья.

Среди разных видов X.м. особенно изучено пихтовое масло, получаемое отгонкой с водяным паром из зелени пихты сибирской (*Abies sibirica*), лучше из свежих побегов. Бесцв. или от светло-желтого до зеленоватого цвета жидкость; $d_4^{20} \geq 0,894$, n_D^{20} 1,469–1,472. В состав масла входит более 100 компонентов, из к-рых основные: α -пинен (10–30%), камфен (10–25%), борнилацетат (30–40%), борнеол (1–6%), 3-карен (5–10%), сесквитерпеновые углеводороды и спирты (2–4%, в т.ч. до 40% кариофиллена), сантен (2,3-диметил-2-норборнен, 3–4%). Обладает биол. активностью и антимикробным действием; применяется для синтеза мед. камфоры и др. лек. ср-в, в парфюм.-косметич. произ-вах, бытовой химии (в качестве отдушек). Объем пром. выпуска в СССР 600–650 т в год (1989).

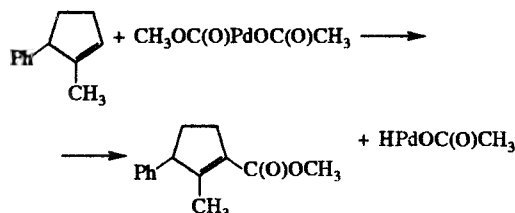
Еловое и сосновое масла выделяют отгонкой с острым паром из бензинового экстракта измельченной зелени; в результате получают фракции: легкое масло (d_4^{20} 0,815–0,840), среднее масло (d_4^{20} 0,845–0,875), тяжелое масло (d_4^{20} 0,88–0,92). Последнее – прозрачная маслянистая жидкость желто-зеленого цвета с характерным запахом, мало р-римая в воде, легко раств. в этаноле, эфире, бензине; n_D^{20} 1,488–1,496. Содержит в осн. монотерпеновые спирты и их сложные эфиры. Используется для синтеза лек. ср-в с целью лечения почечно- и желчнокаменной болезней, холецистита.

Лит.: Рудаков Г.А., Химия и технология камфары, 2 изд., М., 1976; Ягодина В.И., Основы химии и технологии переработки древесной зелени, Л., 1981.

Б. А. Радцыть

ХЕКА РЕАКЦИЯ, алкилирование, арилирование или алкоксикарбонилирование олефинов, содержащих при двойной

связи хотя бы один атом Н, действием палладийорг. реагентов, напр.:



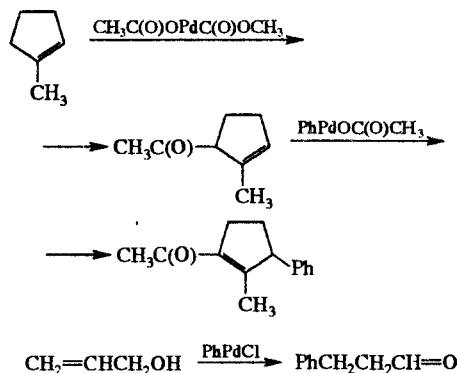
Обычно р-цию проводят в орг. р-рителе (CH_3OH , CH_3CN , CH_3COOH , ТГФ) при 20–100 °С в течение 1–2 ч. При вовлечении в р-цию газообразных олефинов в реакторе поддерживают небольшое избыточное давление. Выходы обычно хорошие (при арилировании и алкоксикарбонилировании простейших олефинов близки к количественным).

Палладиевые реагенты готовят обменной р-цией ацетата Pd с соответствующими ртутьорг. соед., действием AgBr на комплекс Pd – трифенилфосфин, р-цией орг. производных Hg, Sn, Pd с LiPdCl_4 или др. солями Pd, р-цией ароматич. соед. с диацетатом Pd или металлич. Pd и ацетатом серебра в среде CH_3COOH , действием AgI на диацетат Pd или металлич. Pd в присут. $(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{N}$ или CH_3COOK .

В X. р. вступают олефины с открытой цепью и циклоолефины. Реакц. способность олефинов уменьшается в ряду: этилен > метилакрилат > пропилен > стирол > α -метилстирол. Вводимая орг. группа присоединяется преим. или исключительно к менее замещенному атому С при двойной связи. Монозамещенные олефины с электроакцепторными заместителями у атома С при двойной связи или в близлежащем положении обычно испытывают терминальное замещение (заменяется атом Н групп CH_2).

Как правило, алкилирование олефинов удается осуществить только в тех случаях, когда вводимая алкильная группа не содержит в β -положении атомов Н. Винильную группу, содержащую β -Н-атом, удается ввести в молекулу олефина (с образованием 1,3-диена) при использовании реагента сложного состава $\text{CH}_2=\text{CHNaI}/\text{Pd}[\text{OC(O)CH}_3]_2/\text{Ag}_3\text{P}/\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$.

Иногда в ходе X. р. наблюдается миграция двойной связи, напр.:



Механизм X. р. недостаточно изучен. Полагают, что первоначально активир. палладиевый реагент RPdX присоединяется по двойной связи олефина с образованием ковалентно связанного производного типа $\text{RC} \cdots \text{C} \cdots \text{PdX}$, к-рый затем элиминирует HPdX с образованием замещенного олефина. Выделившийся HPdX может также присоединяться к исходному и вновь образовавшемуся олефинам и повторно элиминироваться, что в случае несимметричных олефинов может сопровождаться их изомеризацией.

X. р. используют в препаративной практике при получении орг. соед. сложной структуры. Она открыта Р. Хехом в 1957 г.

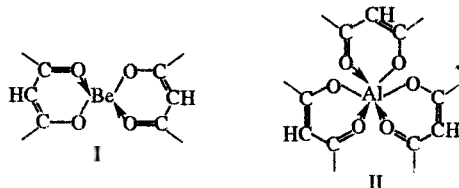
Лит.: Кожеников И. В., «Успехи химии», 1983, т. 52, в. 2, с. 115.

ХЕЛАТООБРАЗУЮЩИЕ ИОНООБМЕННЫЕ СМОЛЫ – селективные ионообменные смолы, образующие с катионами металлов устойчивые внутрикомплексные соед. – хелаты. **ХЕЛАТЫ** (от греч. chēlē – клешня) (клешневидные соед. – хелатные соед.), координационные соединения, в к-рых атом (или ион) связан одновременно с двумя или более донорными атомами лиганда, в результате чего замыкается один или неск. гетероциклов. Лиганды, образующие хелатные циклы, наз. хелатирующими (хелатообразующими) реагентами, они должны быть по крайней мере бидентатными. Замыкание хелатного цикла такими лигандами наз. хелатированием или хелатообразованием.

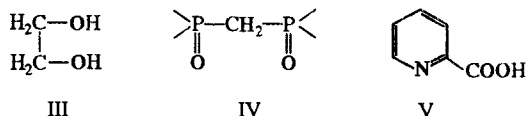
Наиб. обширный и важный класс X. – хелатные комплексы металлов (металлохелаты). Способность координировать лиганды присуща металлам всех степеней окисления. Элементы осн. подгрупп в качестве центр. атомов комплексообразователей обычно выступают лишь в высших степенях окисления.

Хелатирующие реагенты содержат два осн. типа электронодонорных центров: А – группы, содержащие подвижные протоны, напр. – COOH , – OH , – SO_3H , при их координации к центр. иону возможно замещение протона; Б – нейтральные электронодонорные группы, напр. R_2CO , R_3PO , R_3N .

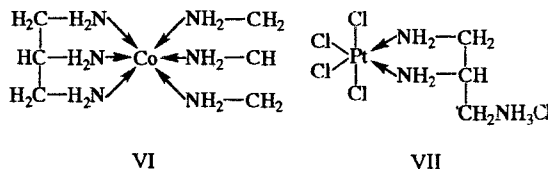
X., в к-рых при замыкании хелатного цикла лиганд использует протон-содержащую и нейтральную электронодонорную группы и формально связан с центральным атомом ковалентной и донорно-акцепторной связью, наз. внутримолекулярными соединениями (внутренние комплексы солей), напр. ацетилацетонаты ф-л I и II.



Бидентатные лиганды занимают во внутр. сфере X. координац. места, как, напр., в соед. I и II. Примеры бидентатных лигандов: этиленгликоль (ф-ла III; два центра типа А), диоксид метиленидифосфина (IV; два центра типа А), диоксид метиленидифосфина (IV; два центра типа А), α -пикколиновая к-та (IV; центры типа А и Б).

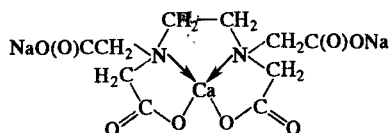


Триденатный лиганд, напр. триаминопропан, может занимать во внутр. сфере как три (соед. VI), так и два (соед. VII) координационных места или даже координироваться молебидентатно.



Аналогично тетра-, пента- и гексадентатные лиганды в зависимости от условий проявляют разную дентатность. Напр., гексадентатный лиганд ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная к-та) по отношению к иону Ca^{2+} является тетраден-

ным, при этом м. б. выделена динатриевая соль VIII. К X. с полидентатными лигандами относятся комплексы *краун-эфиров* и *криптандов*.

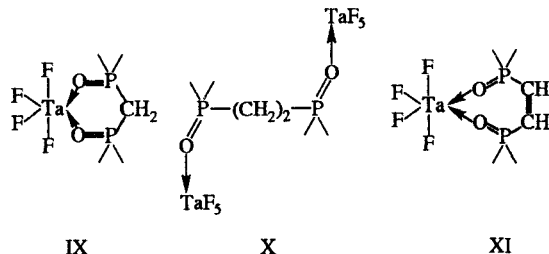


VIII

Стабильность X. обычно выше по сравнению с аналогами, образованными монодентатными лигандами (т. наз. хелатный эффект). В общем виде константа образования циклич. комплекса MAA (M – металл; AA – бидентатный лиганд) намного больше, чем константа образования MA₂ (A' – монодентатный лиганд, близкий по характеру к лиганду AA). Хелатный эффект оценивают по разности между логарифмами констант устойчивости MAA и MA₂.

Наряду с общими факторами, определяющими устойчивость координац. соед., такими, как природа центр. иона и координированных донорных атомов лиганда, в случае X. важную роль играют число атомов в образующемся цикле и наличие кратных связей в мостике между донорными атомами хелатного лиганда.

X. чаще всего имеют тетраэдрич. и октаэдрич. конфигурации; в случае отсутствия кратных связей в мостике наиб. устойчивы 5- и 6-членные циклы (правило циклов Чугаева). Диоксид метилendisфосфина образует устойчивый 6-членный цикл ф-лы IX. С увеличением длины углеводородного мостика при переходе к диоксиду этилендисфосфина последний выступает в роли мостиковой группы (ф-ла X) и хелатный цикл не образуется. Наличие кратной связи в диоксиде *цис*-винилendisфосфина приводит к устойчивости семичленного цикла XI.

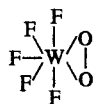


IX

X

XI

4-членные циклы при тетраэдрич. и октаэдрич. координации центр. иона являются более напряженными и менее прочными. 3-членные хелатные циклы известны для пероксид-аниона, когда последний занимает два координационных места в экваториальной плоскости пентагональной бипирамиды (ф-ла XII).



XII

Выделение X. в самостоятельный тип координац. соед. связано с уникальностью их физ., хим. и биол. св-в, обусловленных наличием хелатного цикла. Ацетилацетонаты вследствие их летучести применяют для разделения и очистки металлов и нанесения металлич. покрытий (см. *β*-Дикетонаты металлов). Комплексы ЭДТА из-за их высокой р-имости используют для уменьшения жесткости воды, снятия накипи и очистки металлич. пов-стей. Яркость цвета, термостойкость, прочность окраски и устойчивость к действию оснований и к-т обуславливают использование фталоцианиновых комплексов в качестве красителей. Цветность ряда X. и зависимость интенсивности окраски р-ра от концентрации иона металла нашли применение в аналит. химии (см. *Комплексонометрия, Комплексоны*). Р-имость X. в орг. р-рителях используют для экстракционного разделения элементов.

X. играют важную роль в процессах жизнедеятельности, напр., гемоглобин, хлорофилл и витамин B₁₂ являются хелат-

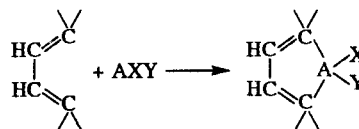
ными комплексами Fe²⁺, Mg²⁺, Co²⁺-оснований порфиринового ряда. X. (напр., соед. VI) используют для вывода ядовитых и радиоактивных металлов из организма и растворения камней (напр., почечных), возникающих при нарушении обмена веществ.

Термин «хелат» ввел М. Дрю в 1920.

Лит.: Гринберг А. А., Введение в химию комплексных соединений, 3 изд., М., 1966; Басоло Ф., Джонсон Р., Химия координационных соединений, пер. с англ., М., 1966; Басоло Ф., Пирсон Р., Механизмы неорганических реакций, пер. с англ., М., 1971; Кукушкин Ю. Н., Химия координационных соединений, М., 1985.

Е. Г. Ильин.

ХЕЛЕТРОПНЫЕ РЕАКЦИИ (от греч. chēlē – клешня и trópos – поворот, направление), частный случай циклоприсоединения (циклораспада), при к-ром связи образуются (разрываются) синхронно у одного и того же атома. Обычно в X. р. образуются две σ-связи между концевыми атомами сопряженного полиенового или вицинальными атомами этиленового субстрата и атомом реагента, имеющим неподеленную пару электронов в плоскости молекулы и вакантную орбиталь, ортогональную этой плоскости. К таким реагентам относятся SO₂, CO, карбены, нитрены, фосфены и т. п. Формально процесс соответствует уменьшению числа π-связей в субстрате и увеличению координац. числа атома реагента, напр.:



При этом число π-электронов в молекуле уменьшается на 2. Обратную р-цию наз. хелетропным элиминированием или хелетропным циклораспадом.

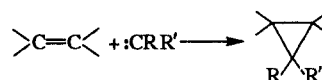
Различают линейные и нелнейные X. р. В линейной р-ции орбиталь неподеленной пары атома А участвует по супраповерхностному типу (т. наз. σ-сближение реагентов), в нелнейной – по антараповерхностному типу (π-сближение реагентов) (см. *Вудворда-Хофмана правила*). Линейные X. р. сопровождаются дисротаторным смещением концевых групп при n = 4q и конротаторным при n = 4q + 2, нелнейные – конротаторным смещением при n = 4q и дисротаторным при n = 4q + 2 (табл.).

РАЗРЕШЕННЫЕ ХЕЛЕТРОПНЫЕ РЕАКЦИИ

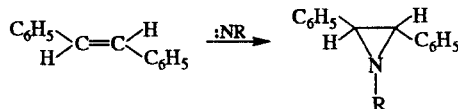
Число π-электронов	Термич. р-ция	Фотохим. р-ция
4q [*] ; (4q + 2) ^{**}	Линейная	Нелинейная
(4q + 2) [*] ; 4q ^{**}	Нелинейная	Линейная

* Присоединение. ** Элиминирование.

Важнейший пример X. р. – присоединение синглетных карбенов по двойной связи с образованием циклопропанов; р-ция протекает *цис*-стереоспецифично:

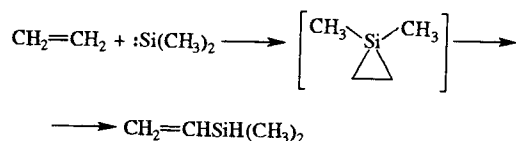


Присоединение нитренов к олефинам приводит к азириди-нам. Так, синглетный пентафторфенилнитрен с *транс*-стильбеном дает соответствующий *транс*-азиридин; *цис*-стильбен – *цис*-азиридин, напр.:

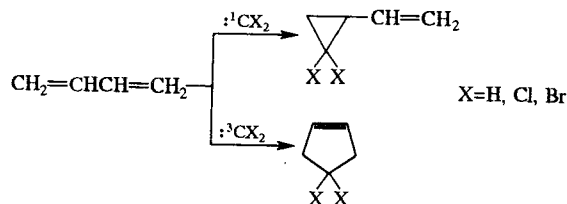


Аналогично протекает р-ция с атомарным кислородом с образованием оксиранов.

В случае силиленов и гермиленов гетероциклич. аддукты образуются лишь на промежут. стадиях р-ции:

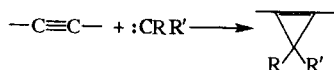


С диеновыми системами синглетные карбены образуют винилциклопропаны, а триплетные – циклопентены:

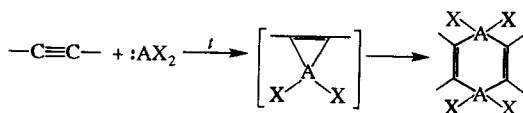


Х. р. силиленов и гермиленов с диенами приводят к продуктам 1,4-циклоприсоединения, а р-ции с *цис*-1,3,5-гекса-триеном – к продуктам 1,6-циклоприсоединения.

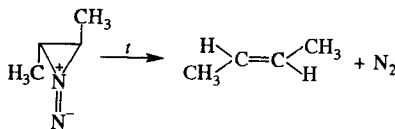
Х. р. карбенов с ацетиленами – один из основных методов получения производных циклопропена:



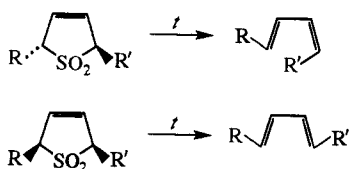
Х. р. нитренов с ацетиленами приводят к азиринам. Силилены и гермилены с ацетиленами образуют в качестве промежут. продуктов сила- и гермадициклопропаны, к-рые далее димеризуются:



Наиб. широко распространены Х. р. распада циклич. структур с выбросом (экструзией) небольших молекул типа SO_2 , N_2 , CO и др. Так, элиминирование N_2 из циклич. диазенов идет стереоспецифично:



В термически разрешенной линейной Х. р. дисротаторного раскрытия цикла *транс*-сульфонов образуются *цис*, *транс*-диены, а из *цис*-сульфонов – *транс*, *транс*-диены:



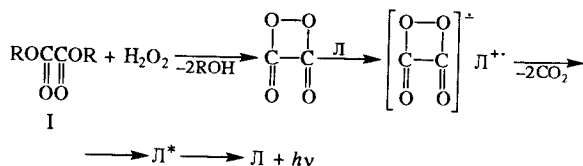
Аналогично протекает р-ция для *транс*-диазенов.

Термин Х. р. предложен Р. Вудвордом и Р. Хоффманом в 1969.

Лит.: Вудворд Р., Хоффман Р., Сохранение орбитальной симметрии, пер. с англ., М., 1971; Джилкрист Т., Сторр Р., Органические реакции и орбитальная симметрия, пер. с англ., М., 1976; Пирсон Р., Правила симметрии в химических реакциях, пер. с англ., М., 1979; Нефедов О. М., Иоффе А. И., Менчикова Л. Г., Химия карбенов, М., 1990.

М. Е. Клецкий.

ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА. одноразовые источники света, действие к-рых основано на выделении световой энергии в результате хим. р-ции. Чаще всего используют р-цию диарил(тетерил)оксалатов с H_2O_2 в присут. активатора (люминофора Л) и основного катализатора в безводном апротонном р-рителе, напр. диметил- или дибутилфталате (т. наз. пероксидно-оксалатная хемилюминесценция):



В качестве исходных реагентов обычно применяют I, где R = 2,4,6-трихлорфенил либо 6-пентилоксикарбонил-2,4,5-трихлорфенил, в последнем случае квантовый выход хемилюминесценции 0,25–0,30; концентрация реагентов 0,01–0,3 М. Используют также производные 2-пиридона или 2,4,5-трихлоранилина, имеющего у атома N группу SO_2CF_3 . Люминофорами, как правило, служат полициклич. арены (табл.) в концентрации 10^{-4} – 10^{-3} М.

СВОЙСТВА ЛЮМИНОФОРОВ

Соединение	$\lambda_{\text{кл}}$, нм	ϕ_s	Цвет излучения
9,10-Дифенилантрацен	434	0,90	Фиолетовый
Перилен	471	1,00	Голубой
9,10-бис-(Фенилэтил)антрацен	511	0,99	Зеленый
1-Хлор-9,10-бис-(фенилэтил)антрацен	530	1,00	Зелено-желтый
1,4-Диметил-9,10-бис-(фенилэтил)антрацен	543	0,90	Желто-зеленый
Рубрен (5,6,11,12-тетрафенилтетрацен)	562	1,00	Оранжевый
6,11-Дихлор-5,12-бис-(фенилэтил)тетрацен	643	0,60	Красный

В спектре хемилюминесценции положение максимума $\lambda_{\text{кл}}$ зависит от разности стандартных потенциалов окисления и восстановления люминофора. Эффективность люминофора как эмиттера света определяется квантовым выходом люминесценции ϕ_s , а его эффективность как активатора хемилюминесцентной р-ции – способностью быть донором электронов при образовании комплекса с переносом заряда.

Комбинацией неск. люминофоров получают излучение белого цвета.

Конструктивно Х. и. с. состоит из корпуса, выполненного из светопрозрачного материала (полиэтилен, полипропилен) в виде цилиндра (трубки) или иной формы. Внутри корпуса помещают р-р оксалата и люминофора, а также ампулу с р-ром H_2O_2 и катализатора. Сгибание (сдавливание) корпуса ведет к разрушению ампулы, смешению р-ров и началу хемилюминесцентной р-ции.

Наиб. применение находят зеленые и зелено-желтые хемилюминесцентные композиции. Для расширения цветовой гаммы можно использовать полиэтиленовый корпус, окрашенный флуоресцентными пигментами на основе родамина 6Ж или родамина С; это позволяет конвертировать зелено-желтое свечение в оранжево-красное.

Х. и. с. применяют в качестве безопасных автономных источников света при проведении разл. аварийно-спасат. работ. По эксплуатационным характеристикам их подразделяют на вспышечный сигнал (время свечения 1–2 мин, яркость $\sim 10^4$ кд/м²), осветитель (1–3 ч, 10^2 – 10^3 кд/м²) и маркер (6–24 ч, 10 – 10^2 кд/м²); по рабочей т-ре – на «летние» (5–30 °С) и «зимние» (от –30 до +5 °С).

Лит.: Васильев Р. Ф., «Изв. АН СССР. Сер. физ.», 1982, т. 46, № 2, с. 323–29; Красовицкий Б. М., Болотин Б. М., Органические люминофоры, 2 изд., М., 1984; McSarra F., «Quart. Rev.», 1966, v. 20, № 4, p. 485–510; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 5, N. Y., 1979, p. 416–50.

С. К. Смирнов, О. А. Аютонкина.

ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ, см. *Люминесцентный анализ*.

ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ КИНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД, используется для изучения кинетики окисления. Основан на том, что при жидкофазном окислении орг. соед. RH молекулярным O_2 образуются пероксильные радикалы, диспропорционирование к-рых приводит к образованию возбужденных молекул карбонильных соед., испускающих свет (см. *Хемилюминесценция*). Для проведения опыта в термостатир. реакц. ячейку помещают окисляемое в-во, фотосенсибилизатор, инициатор и ингибитор и пропускают смесь O_2 с N_2 . Интенсивность свечения I измеряют фотоумножителем. Поскольку I прямо пропорциональна скорости диспропорционирования радикалов RO_2^{\cdot} , а в отсутствие ингибитора скорость этой р-ции равна скорости инициирования v_i , то $I \sim v_i$; и метод позволяет следить за изменением v_i в ходе р-ции. Когда источник радикалов – инициатор, концентрация к-рого уменьшается по экспоненц. закону, по изменению I во времени можно определить константу скорости распада инициатора. Если осн. источник радикалов – лабильный гидропероксид, образующийся при окислении RH , его квазиравновесная концентрация м.б. определена сопоставлением I с ее значением в опыте с известной концентрацией гидропероксида.

Метод применяют для оценки эффективности ингибиторов окисления, изучения кинетики окисления в нестационарных условиях, а также для исследования окисления таких орг. соед., в к-рых возникают первичные или вторичные пероксильные радикалы. Эти соед. могут служить модельными системами для изучения разл. инициаторов, катализаторов и ингибиторов окисления. При этом объекты исследования не должны влиять на хемилюминесценцию.

Лит.: Хемилюминесцентные методы исследования медленных химических процессов, М., 1966. Е.Т. Денисов.

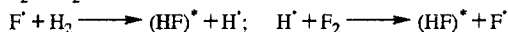
ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ, излучение, возникающее вследствие образования продуктов хим. р-ций в возбужденном состоянии. Энергия возбуждения испускается в виде фотонов при квантовом переходе в основное состояние молекул (см. *Люминесценция*). Наиб. исследованы р-ции с излучением в видимой области спектра; существует X в УФ и ИК диапазонах. Спектр X может состоять из широких полос, что характерно для жидкофазных р-ций, или м.б. линейчатым (гл. обр. при газофазных р-циях). Отдельно выделяют биологическую X – разновидность X в живых организмах. Прир. явления X были известны с очень давних времен; свечение неба, нек-рых насекомых, минералов, гниющих растений и т.п. отмечалось из-за инстинктивного ощущения несоответствия цвета свечения и т-ры. Изучение X интенсивно ведется с кон. 19 в.

Яркость X пропорциональна квантовому выходу X . η (отношению числа фотонов, испускаемых хим. системой, к числу прореагировавших частиц), к-рый определяется как отношение интенсивности свечения к скорости хим. р-ции. Квантовый выход X колеблется от 1 (ферментативное окисление на воздухе люциферина светляка) до 10^{-15} (р-ции нейтрализации к-т основаниями). Различают также квантовый выход возбуждения X . $\eta_{\text{в}}$ – отношение числа возбужденных частиц-продуктов к общему числу прореагировавших исходных молекул; энергетич. выход X . $\eta_{\text{э}}$ – отношение энергии, испускаемой в виде фотонов, к энthalпии (или свободной энергии) хим. превращения. Наиб. интерес представляют эти величины, если удастся отнести их к отд. элементарным стадиям.

В нек-рых системах излучателем (эмиттером фотонов) является вовсе не та молекула, к-рая возбуждается в первичном хим. акте. Энергия возбуждения передается с нее излучательно или безизлучательно др. частицам, присутствующим в системе, к-рые способны излучать с более высоким выходом (активаторы X). Активаторы смещают спектры X в более длинноволновую область. Зачастую свечение быстропротекающих хим. р-ций хорошо видно невооруженным глазом, хотя выход излучения у них и невелик.

Газофазные р-ции с яркой X широко распространены в верх. слоях атмосферы. Зеленое свечение ночного неба обусловлено образованием возбужденного кислорода по р-ции:

$O + O + O \longrightarrow O_2 + O^*$. Яркой газофазной X является окисление паров белого фосфора кислородом; это свечение дано назв. элементу фосфор («несущий свет»). Продукты хим. превращения могут оказаться в колебательно-возбужденном состоянии и излучать в ИК области спектра. Пример – цепная р-ция F_2 с H_2 :



При соответствующих условиях скорость образования колебательно-возбужденной молекулы $(HF)^{\cdot}$ достаточна для создания инверсии заселенности уровня энергии и генерации лазерного излучения (см. *Лазеры химические*).

Наиб. распространенные из жидкофазных р-ций, сопровождающихся X , – окислительно-восстановительные. Так, алифатич. углеводороды RH при взаимодействии с O_2 образуют радикалы RO_2^{\cdot} , р-ции к-рых через стадию тетраоксида дают триплетно возбужденный кетон или синглетный кислород 1O_2 .

Очень яркое свечение имеет место в р-рах ароматич. молекул (пирен, хризен и т.п.) при рекомбинации их электрохимически генерированных анион- и катион-радикалов: $Ar^{\cdot+} + Ar^{\cdot-} \longrightarrow Ar^{\cdot} + Ar$ (или Ar_2^{\cdot} – эксимер) (электрохемилюминесценция). Высокий квантовый выход возбуждения характерен для распада 1,2-диоксетанов, при к-ром образуются две молекулы кетона, одна из к-рых электронно-возбужденная. Аналогичная р-ция обуславливает яркую X в биол. системах.

Образование возбужденных частиц в хим. превращениях является скорее правилом, чем исключением. Так, излучение зафиксировано при окислении практически всех металлоорг. соед., в окислительно-восстановит. превращениях многих d - f -элементов. Нек-рые из этих превращений сопровождаются очень ярким свечением, напр. восстановление р-ров бипиридинных комплексов $Ru(III)$, окисление ионов $U(IV)$ соединениями ксенона, восстановление ионов $Cm(IV)$.

Твердофазная X имеет место при термич. разложении кристаллов. Напр., яркое красное свечение наблюдается при разложении $K_2S_2O_8$, активированном ионами $Eu(III)$. Интенсивно исследуется X в замороженных матрицах инертных газов, замороженных водных р-рах. X сопровождает распад пероксидов и азосоединений в полимерной матрице; напр., при распаде дициклогексилпероксидакарбоната в поликарбонате, полистироле, полиметилметакрилате люминесцируют молекулы циклогексанона, образующиеся при диспропорционировании циклогексилалкоксильных радикалов. X при распаде дикумилпероксида в полипропилене представляет собой фосфоресценцию ацетофенона – продукта превращения алкоксикумильных радикалов. X наблюдается при распаде 2,2'-азо-*бис*-изобутиронитрила в поликарбонате, бензилпероксида в полистироле и полиметилметакрилате, нек-рых диалкилпероксидов в поликарбонате и поливинилциклогексане.

X сопровождает хемосорбцию газообразных молекул на активных центрах пов-сти твердых тел, напр. при адсорбции молекул O_2 , CO , SO_2 и др. на пов-сти катализаторов (иногда ее назв. адсорболоминесценцией). Известны и др. виды X , напр. обусловленные облучением ионизирующим или УФ излучением (радио- и фото- X).

X применяют в научных исследованиях: при изучении процессов в верх. слоях атмосферы, механизма гетерогенно-каталитич. р-ций, автоколебат. р-ций, процессов в биол. системах, хим. превращений полимеров при облучении и мех. воздействиях X – один из наиб. чувствит. методов аналит. химии, позволяющий определять ультрамалые концентрации, используемый, в частности, для экологич. исследований (см. *Люминесцентный анализ*). X применяют в хемилюминесцентных источниках света.

Лит.: Волкенштейн Ф.Ф., Горбань А.Н., Соколов В.А., Радиоло-рекомбинационная люминесценция полупроводников, М., 1976; Казаков В.П., Хемилюминесценция уранила, лантанондов и d -элементов, М., 1980; Васильев Р.Ф., Пути возбуждения хемилюминесценции органических соединений, Биохемилюминесценция, М., 1983; Лотник С.В., Казаков В.П., Низкотемпературная хемилюминесценция, М., 1987; Измайлов И.А., Мельников Л.Ю., в кн.: Итоги науки и техники, сер. Радиационная химия. Фотохимия, т. 6, М., 1989, с. 3–135. В.П. Казаков.

ХЕМОСОРБИРУЮЩИЕ ВОЛОКНА (хемосорбционные волокна), предназначены для адсорбции или выделения химических активных в-в из жидкой или газовой среды. Осн. виды Х. в. — катионообменные, анионообменные и амфотерные. Иногда к Х. в. относят также т. наз. электронообменные, или окислит.-восстановительные, волокна.

Получение Х. в. возможно разл. методами.

1. Синтез сополимеров с химически активными группами в основной цепи (напр., сополимеризация акрилонитрила с акриловой к-той, 2-метилаллилсульфонатом, 5-винил-2-метилпиридином или др. мономерами) и формирование из них волокон.

2. Прививка мономеров, способных к хемосорбции, к базовому полимеру с послед. формированием волокна из такого сополимера, прививка мономера к уже сформованному волокну (напр., прививка акриловой или метакриловой к-т, 5-винил-2-метилпиридина и др. мономеров к полиакрилонитрилу, целлюлозе, поливинилового спирту, алифатич. полиамидам и волокнам на их основе).

3. Полимераналогичные превращения готовых волокон (напр., омыление полиакрилонитрильных волокон, окисление целлюлозных волокон, сульфирование или фосфорилирование реакционноспособных групп разл. волокон).

4. Формование волокон из смесей полимеров или дисперсий хемосорбированных полимеров в матричном полимере (напр., катионитов или анионитов в р-ре полиакрилонитрила или вискозе).

Прививка к волокнам или др. хим. превращения готовых волокон — технически более простые и экономичные методы, причем придание хемосорбирующих св-в может вестись как на волокнах, так и на уже готовых текстильных материалах (тканях, нетканых материалах).

Электронообменные волокна имеют в своем составе способные к окислит.-восстановит. р-циям функц. группы (напр., гидрохинонную, тиольную).

Осн. св-ва Х. в.: статич. обменная емкость (для пром. волокон Вион) 0,8–7 экв/г; линейная плотн. от 0,2 до 1 текс; прочность 5–25 сН/текс; удлинение 15–40%, сохранение прочности в петле 30–70%; набухание в воде 10–50%.

Х. в. по сравнению с гранулир. ионитами имеют ряд отличит. особенностей и преимуществ. Главные из них — большая площадь пов-сти и малые геом. размеры. Эти качества способствуют многократному ускорению сорбционно-десорбционных процессов. Благодаря этому коэф. массообмена оказываются на 1–2 порядка выше.

Использование Х. в. в виде полотен позволяет резко уменьшить размеры или увеличить площадь активной зоны хим. аппаратов. Так, с применением тканей возможно осуществлять непрерывные процессы сорбции и десорбции. Использование нетканых материалов позволяет существенно снизить гидродинамич. сопротивление активного слоя.

Более высокие мех. св-ва, меньшие хрупкость и значения внутр. напряжений при набухании приводят к лучшей сохранности Х. в. в циклах сорбция — десорбция; они без изменения св-в могут выдерживать сотни таких циклов. Этому также способствует достаточно высокая хим. стойкость Х. в., особенно полученных на основе карбоцепных полимеров. Однако Х. в. имеют иногда несколько более низкие показатели обменной емкости и более высокую стоимость, чем гранулир. иониты.

Х. в. выпускаются во мн. развитых странах на базе модифицир. полиакрилонитрильных, целлюлозных, полиамидных, углеродных и др. видов волокон и волокнистых материалов.

Х. в. и волокнистые материалы на их основе применяют для выделения вредных или ценных в-в из газовых и жидких сред со степенью очистки (выделения) 99–99,5%; очистки малоконцентрир. вентиляционных и технол. газов от кислот и щелочных газообразных в-в; защиты от аэрозолей в респираторах для органов дыхания; для селективного или общего извлечения солей, кислот, щелочных и комплексобразующих в-в из разб. технол. р-ров и сточных вод. Х. в. используют также в анализ. химии, ионообменной хроматографии, катализе, очистке биопрепаратов, хемосорбции, в качестве носителей лек. препаратов и ряде др. областей химии и медицины.

Лит.: Вольф Л. А., Меос А. И., Волокна специального назначения, М., 1971; Туганова М. А., Мазов М. Ю., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева», 1972, т. 17, № 6, с. 654–58; Волокна с особыми свойствами, М., 1980; Получение и свойства хемосорбционных волокон, М., 1981; Зверев М. П., Хемосорбционные волокна, М., 1981; Бараш А. Н. [и др.], «Хим. волокна», 1988, № 1, с. 22–24; Зверев М. П., «Хим. волокна», 1989, № 3, с. 32–37.

К. Е. Перепелкин.

ХЕМОСОРБИЦИЯ (от *хемо...* и *сорбция*), поглощение твердым телом (адсорбентом) или жидкостью (абсорбентом) в-ва из газовой фазы с образованием хим. соед.; частный случай *сорбции* (в зависимости от вида сорбента процесс также наз. *абсорбцией* или *адсорбцией* с хим. р-цией). Х. обычно сочетают с обратным процессом — десорбцией, при к-рой соотвавшиеся в результате прямого процесса хим. соед. разрушаются и происходит выделение поглощенного в-ва. В ряде случаев желательным результатом Х. являются собственно продукты р-ции.

Х. — экзотермич. процесс, сопровождающийся выделением значит. кол-ва теплоты. Напр., при Х. кислорода металлами выделяется до 500 кДж/моль. Для газов теплота растворения при Х. абсорбентами также велика (до 130 кДж/моль) и существенно выше, чем теплота растворения газов при физ. абсорбции. Десорбция хемосорбентов, отличающихся высокими теплотами адсорбции или растворения, обычно затруднена, что иногда приводит даже к практич. необратимости процесса. В гетерог. катализе Х. рассматривают как отдельную стадию, предшествующую хим. превращению.

Характерная особенность Х. — чувствительность к хим. природе поглотителя (хемосорбента). В отличие от физ. абсорбции, при Х. не сохраняется индивидуальность поглощаемого в-ва (адсорбтива) и хемосорбента. При сближении с его пов-стью молекул адсорбтива происходит перераспределение электронных плотностей взаимодействующих компонентов с образованием хим. связи. Х. протекает обычно с небольшой скоростью и может проходить при высоких т-рах, когда физ. абсорбция пренебрежимо мала. Адсорбц. равновесие можно выразить в виде изотерм адсорбции, к-рые на однородных пов-стях описываются ур-нием Ленгмюра, на неоднородных — ур-нием Фрейндлиха.

При Х. р-ром абсорбента р-римость газа зависит как от поглотиц. способности химически неактивного компонента хемосорбента, так и от природы его активного компонента. В частности, р-римость газов при Х. определяется константой хим. равновесия, стехиометрич. соотношениями и др. факторами. Из-за сложности указанной зависимости равновесные значения концентрации газа над р-ром хемосорбента, как правило, находят экспериментально. Расчеты равновесия при Х. для ряда частных случаев приведены в спец. литературе.

При реализации жидкостной Х. помимо знания равновесных данных и кинетики хим. р-ций нужно определять также скорость переноса в-ва через границу раздела газ — жидкость в слой жидкости (см. *Переноса процессы*). Сложность гидродинамики двухфазных потоков и необходимость совместного рассмотрения процессов переноса импульса, энергии и в-ва в условиях протекания хим. р-ций не позволяют производить расчет Х. на основании общих принципов. На практике часто используют упрощенные модели Х., напр. пленочную, обновления пов-сти и т.д. С помощью этих моделей находят коэф. ускорения — отношение скорости абсорбции с хим. р-цией между газом и р-рителем к скорости процесса без р-ции.

При определенных условиях Х. сопровождается поверхностной конвекцией (т. наз. эффект Марангони, существенно убыстряющий межфазный перенос в-ва; см. *Массообмен*). Обусловленный ею ускоряющий фактор массопередачи определяют с помощью продольного градиента поверхностного натяжения.

Твердофазную и жидкостную Х. осуществляют в колонных аппаратах, тип и конструкция, а также гидродинамич. условия работы к-рых оказывают влияние на эффективность процесса. При Х. твердыми телами используют адсорберы с неподвижным, движущимся или псевдооживленным (см. *Псевдооживление*) слоем адсорбента. Жидкостную Х. обычно проводят в абсорберах пленочного (см. *Пленочные аппараты*) либо барботажного (см. *Барботирование*) типа.

Х. применяют для разделения газовых смесей, при очистке газов от высших углеводородов, CO_2 , сернистых соед. и др., а также в электровакуумной технике.

Лит.: Треннел Б., Хемосорбция, пер. с англ., М., 1958; Очистка технологических газов, под ред. Т. А. Семенов, И. Л. Лейтеса, 2 изд., М., 1977; Аксельрод Ю. В., Газожидкостные хемосорбционные процессы, М., 1989.

В. В. Дильман.

ХЕМОСТЕРИЛИЗАТОРЫ (хемостериланты), вызывают у насекомых бесплодие или появление нежизнеспособного потомства. Действуют на самцов или на самок либо на тех и других. Нек-рые Х. подавляют сперматогенез или овогенез, но чаще всего их действие обусловлено способностью вызывать хромосомные перестройки.

Обычно Х. делят на три группы. Первая группа – алкилирующие средства, действующие на генетич. аппарат. К ним относятся фосфорорг. производные этиленмина, напр. триазиридинофосфиноксид (ТЭФА), 2,4,6-триазиридино-1,3,5-триазин (третамин); производные хлорэтиламина, напр. азотистые иприты, хлорамбуцил $[4-(\text{ClCH}_2\text{CH}_2)_2\text{NC}_6\text{H}_4(\text{CH}_2)_4\text{COOH}]$; нек-рые эфиры сульфокислот, напр. $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{O}(\text{CH}_2)_4\text{OSO}_2\text{CH}_3$. Вторая группа – антиметаболиты – в-ва, нарушающие синтез нуклеиновых к-т. К ним относятся производные пурина, фолиевой к-ты, пиримидина (напр., 5-фторурацил). Третья группа – в-ва из разных классов хим. соед. с невыясненным механизмом действия; в их число входят производные трифенилолова, циклич. мочевины, гексаметапол, нек-рые антибиотики (митомидин) и алкалоиды (напр., колхицин). Хемостерилизующей активностью обладают лек. препараты противоопухолевого действия.

Х. могут использоваться для борьбы с вредными насекомыми, однако масштабы их практич. применения незначительны из-за техн. трудностей. Наиб. перспективно применение Х. в сочетании с феромонами.

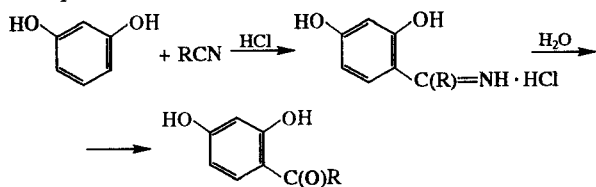
Лит.: Булыгинская М. А., Вронских М. Д., «Успехи химии», 1970, т. 39, в. 11, с. 2025–49; Franz J. M., Krieg A., Biologische Schädlingsbekämpfung, B.-Hamb., 1972; Heitefuß R., Pflanzenschutz. Grundlagen der praktischen Phytomedizin, Stuttgart, 1975.

Г. С. Шендлерман.

ХЕМОТРОНЫ, то же, что электрохимические преобразователи информации.

ХЕУОРСА ФОРМУЛЫ, то же, что Хоурса формулы.

ХЁША РЕАКЦИЯ (Губена – Хёша р-ция, Хёша р-ция), получение ароматич. кетонов путем С-ацилирования многоатомных фенолов (или их эфиров) с помощью нитрилов и HCl , напр.:



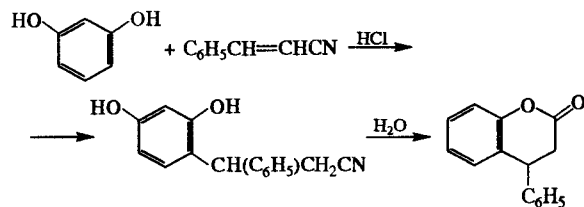
Обычно Х. р. осуществляют в присут. катализатора [хлоридов Zn(II) , Fe(III) , Co(II) , Ni(II) , Cu(II) , Cd(II)] в среде орг. р-рителя (диэтилового эфира, хлороформа, бензола и др.) при т-ре от 0 до -5°C (при использовании CH_3CN р-цию ведут при т-ре ок. 20°C). Обычно вначале насыщают хлористым водородом смесь нитрила с катализатором и через 2 ч добавляют фенол; образующийся гидрохлорид кетимина отделяют и гидролизуют. Выходы кетонов колеблются в широких пределах, приближаясь в неосложненных побочных процессах к количественным.

В Х. р. наиб. гладко вступают двух- и трехатомные фенолы и их эфиры; электронодонорные орто-заместители способствуют, а электроноакцепторные препятствуют протеканию р-ции; очень низкой реакц. способностью обладают пирокатехин, гидрохинон и его эфиры.

В р-цию вступают алифатич. [в т. ч. содержащие в α -положении группу HO , Hal , RC(O) или RC(O)O], ароматич. и жирноароматич. нитрилы, а также динитрилы.

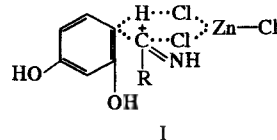
α,β -Ненасыщенные нитрилы и нитрилы, содержащие в β -положении группу HO , Hal или C=O , в условиях Х. р. дают первоначально β -арилпропионитрилы, к-рые далее могут превращаться в соответствующие к-ты, а при замыкании

цикла в кумарины и дигидрокумарины (т. наз. аномальная р-ция Хёша), напр.:



Осн. побочные процессы – образование иминоэфиров и димеризация нитрилов.

Механизм Х. р. до конца не выяснен. Считают, что в отсутствие катализатора ароматич. соед. подвергается электроф. атаке иммониевым катионом $\text{R}-\text{C}^+=\text{NH}$, а в присут. катализатора процесс осуществляется через циклич. переходное состояние (ф-ла I). В обоих случаях процесс завершается образованием гидрохлорида кетимина, гидролиз к-рого приводит к кетону.



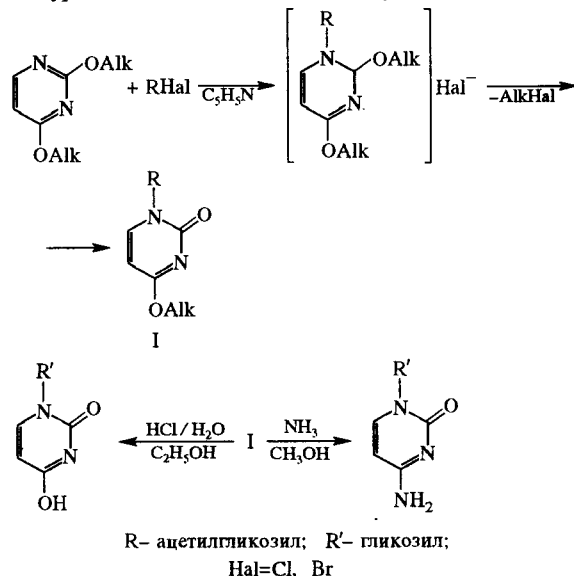
Известно много модификаций Х. р.: получение кетонов из фенолов и нитрилов в присут. $\text{CF}_3\text{SO}_2\text{OH}$ (механизм отличен от Х. р.); формилирование ароматич. соед. под действием HCN или Zn(CN)_2 (см. Гаттермана синтез) и их цианирование при действии CCl_2CN , BrCN или Hg(ONC)_2 ; ацилирование ароматич. аминов с помощью нитрилов в присут. BCl_3 и др.

Х. р. используют в препаративной практике. Она открыта Я. Губеном и Э. Шмидтом в 1913, позднее подробно изучалась К. Хёшем.

Лит.: Сперри П. Е., Дюбуа А. С., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., сб. 5, М., 1951, с. 284–318; Зильберман Е. Н., Реакции нитрилов, М., 1972, с. 195–293; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1987, с. 371–72.

Г. И. Дрозд.

ХИЛБЕРТА – ДЖОНСОНА – РИСТА РЕАКЦИЯ (Хилберта – Джонсона р-ция), получение пиримидиновых нуклеозидов взаимод. 2,4-диалкоксипиримидинов с галогенпроизводными углеводов. В основе метода лежит открытая Дж. Хилбертом и Т. Джонсоном перегруппировка 2,4-диалкоксипиримидинов в 2-кетопиримидины под действием алкилгалогенидов. При вовлечении в реакцию с алкоксипиримидинами ацетилгликозилгалогенидов в присут. пиридина образуются 1-ацетилгликозил-2-оксо-4-алкоксипиримидины (ф-ла I), к-рые путем гидролиза или аммонолиза превращают соотв. в урациловый или цитозиновый нуклеозид:



R – ацетилгликозил; R' – гликозил;
Hal = Cl, Br

В качестве исходных пиримидинов обычно используют соед. с $\text{Alk} = \text{C}_2\text{H}_5$; в ряде случаев хорошие результаты получены с применением 2,4-О-триметилсилильных производных. В связи с большей устойчивостью и доступностью в р-ции предпочтительно использовать ацетилгликозилхлориды. Гидролиз или аммонолиз обычно осуществляют в среде метанола. Выход конечных продуктов составляет 30–60%.

Р-ция дает хорошие результаты лишь при получении пирозинуклеозидов; при вовлечении в р-цию ацилрибофуранозилгалогенидов выход нуклеозидов либо очень низок, либо их вообще не удается выделить из сложной смеси конечных продуктов; р-ция редко используется и для получения дезокси-нуклеозидов, т. к. ацилдезоксифуранозилгалогениды труднодоступны и очень лабильны.

Для синтеза природных нуклеозидов и их аналогов предпочтительнее применять р-цию ацетилгликозилгалогенидов с металлич. (ртутными, серебряными, литиевыми) производными пиримидинов.

Р-цию используют в лаб. практике. Она открыта Дж. Хилбертом и Т. Джонсоном в 1930.

Лит.: Шабарова З. А., «Успехи химии», 1959, т. 28, № 4, с. 369–407; Химия биологически активных природных соединений, под ред. Н. А. Преображенского, Р. П. Евстигнеевой, М., 1970, с. 343; Hilbert G., Johnson T., «J. Amer. Chem. Soc.», 1930, № 52, p. 4489; Hilbert G., Rist C., «J. Biol. Chem.», 1937, v. 117, p. 371.

Г. И. Дрозд.

ХИМИКО-СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ, см. *Спектральный анализ*.

ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, одновременное хим. и тепловое воздействие на изделия пл. обр. из металлов и сплавов, приводящее к изменению хим. состава и структуры в поверхностных слоях, а иногда и во всем объеме изделия.

Х.-т. о. применяют как один из заключит. видов обработки готовых изделий для создания оптим. сочетания поверхностных и объемных св-в материала (напр., для создания твердой, износостойкой пов-сти при сохранении вязкой, пластичной основы, а также для повышения коррозионной стойкости).

Для осуществления Х.-т. о. изделия нагревают в химически активной среде в течение неск. часов при т-ре, составляющей 0,5–0,8 т-ры плавления осн. компонента. Во время выдержки пов-сть изделия вследствие диффузии обогащается хим. элементами из внеш. среды на глубину от неск. мкм до неск. мм. Иногда Х.-т. о. используют для диффузионного удаления из изделия примесей или легирующих элементов.

Для Х.-т. о. металлов и сплавов применяют много способов, различающихся диффундирующими элементами, составом внеш. среды, природой хим. процессов, техникой исполнения и др. факторами. В зависимости от агрегатного состояния внеш. среды различают Х.-т. о. в твердой, жидкой и газовой фазах.

По характеру изменения хим. состава обрабатываемого изделия Х.-т. о. можно разделить на диффузионное насыщение неметаллами или металлами и диффузионное удаление элементов (чаще всего углерода в слабоокислит. среде или водорода в вакууме). Разновидности Х.-т. о.: цементация – насыщение пл. обр. стальных изделий углеродом; азотирование – насыщение азотом стали, сплавов на основе Ti и тугоплавких металлов; окислирование – окисление поверхностных слоев алюминиевых и магниевых сплавов; цианирование и нитроцементация – одновременное насыщение углеродом и азотом стальных (чугунных) изделий соотв. из расплава солей и газовой фазы; борирование – насыщение бором изделий из стали, сплавов на основе Ni, Co и тугоплавких металлов; силицирование – насыщение кремнием; алитирование – насыщение алюминием пл. обр. сталей, реже – чугунов и сплавов на основе Ni и Co; хромирование и цинкование – насыщение стали соотв. хромом и цинком; меднение – насыщение медью изделий из стали. Из всех видов Х.-т. о. наиб. широко используют насыщение стали углеродом и азотом. Углерод и азот быстро диффундируют в железо, образуя при этом твердые р-ры, карбидные и нитридные фазы, резко отличающиеся по физ.-хим. св-вам от железа.

Цементация сталей проводят с применением твердого или газового реагента (карбюризатора). Наиб. распространенный твердый карбюризатор – древесный уголь с добавками BaCO_3 ; газовый карбюризатор – природный газ или газообразные углеводороды. Цементацию проводят при 900–1050 °С с выдержкой до 10 час. Цементация относится к числу древнейших операций термич. обработки, использовавшихся задолго до н. э.

Для азотирования сталей чаще всего используют аммиак. Процесс проводят при 500–550 °С в течение 20–100 ч или при 600–700 °С в течение 1–10 ч.

Лит.: Минкевич А. Н., Химико-термическая обработка металлов и сплавов, 2 изд., М., 1965; Новиков И. И., Теория термической обработки металлов, 3 изд., М., 1978.

Ю. В. Левинский.

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (ХТС), включают собственно хим. процессы, аппарат или группу аппаратов для проведения этих процессов, ср-ва контроля и управления процессами. Совокупность этих элементов в связи между ними образуют структуру ХТС. ХТС взаимодействует с окружающей средой. В общем случае воздействие окружающей среды характеризуется тремя группами переменных: входными, управляющими и возмущающими. Входные могут определять, напр., кол-во перерабатываемого сырья, его состав, термодинамич. характеристики. Управляющие переменные используются для компенсации возмущающих воздействий, а также для обеспечения заданных показателей функционирования системы. Р-ция ХТС на воздействие окружающей среды проявляется в изменении выходных переменных, к-рые м. б. использованы для выработки соответствующих управляющих воздействий. См. также *Химическая технология*.

ХИМИКО-ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ФОТОМАТЕРИАЛОВ, совокупность операций (процессов), к-рым подвергается экспонир. фотоматериал с целью превращения скрытого изображения в видимое. В основе Х.-ф. о. ф. лежит физ.-хим. процессы, протекающие в светочувствит. слое фотоматериала под действием химически активных в-в, входящих в состав обрабатывающих р-ров или паст. Характер этих процессов зависит от св-в фотоматериала и природы применяемых хим. в-в.

Изображение на фотоматериале с галогеносеребряным светочувствит. слоем можно получить двумя способами, условно называемыми негативно-позитивным и способом обращения. В первом случае на экспонир. фотоматериале сначала получают негативное изображение (негатив), к-рый затем используют при экспонировании др. фотоматериала (фотобумаги или позитивной пленки) для получения позитивного изображения (позитива). По способу обращения промежут. негативное и окончат. позитивное изображения получают, как правило, на одном и том же эмульсионном слое, используя определенный способ обработки.

Негативно-позитивный процесс. Х.-ф. о. ф. при негативно-позитивном процессе включает в себя обязат. операции – проявление фотографического изображения, в результате к-рого в фотослое образуется видимое негативное изображение, и фиксирование фотографического изображения, в ходе к-рого это проявленное изображение закрепляется и становится устойчивым к действию света. Помимо основных процессов проявления и фиксирования для повышения качества фотографич. изображения и исправления ошибок используют ряд дополнит. операций.

С целью сокращения продолжительности и упрощения обработки черно-белых фотоматериалов часто сочетают проявление и фиксирование фотографич. изображения в одну стадию – одновременного проявления и фиксирования (однорастворный, или однованный, процесс). В состав проявляюще-фиксирующих р-ров (т. наз. фиксирующих проявителей) входят активные проявляющие в-ва (гидрохинон, метол, феноидон и т. п.), едкие щелочи, сульфит Na, противоблуждающие ср-ва; в качестве р-рителя AgHal обычно используют р-р тиосульфата Na или его смесь с р-ром тиоцианата щелочного металла; для повышения стабильности р-ров в них вводят комплексобразующие соед., напр. соли аминополикарбон-

вых к-т. Однако при одновременном проявлении и фиксировании наблюдаются снижение светочувствительности и контрастности изображения и повышение плотности вуали. Ухудшение сенситометрич. характеристик фотоматериала обусловлено тем, что наряду с проявлением протекает процесс растворения AgI и часть экспонир. микрокристаллов, не успевая проявиться, растворяется и не участвует в образовании видимого изображения.

При обработке черно-белых и цветных фотоматериалов для улучшения видимого изображения (усиления, ослабления, тонирования) используют процесс отбеливания – окисление металл. Ag , образующего изображение, и Ag , входящего в состав фильтрового и противоореального слоев, соединений, не разрушающих желатин.

При обработке черно-белого и цветного негативного изображения в качестве окислителя обычно применяют $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$: $4\text{Ag} + 4\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] \longrightarrow \text{Ag}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 3\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; образующаяся труднорастворимая в воде комплексная соль Ag при действии р-ра тиосульфата Na или аммония в процессе фиксирования превращается в легко растворимую соль, напр. $\text{Na}_4[\text{Ag}_2(\text{S}_2\text{O}_3)_3]$, удаляемую из слоя при промывке. Отбеливание черно-белого обрабатываемого изображения осуществляют также в р-рах $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в H_2SO_4 или гидросульфата щелочного металла в воде, в результате чего образуется легко растворимый Ag_2SO_4 , удаляемый при послед. вымывании водой: $6\text{Ag} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 3\text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$. Другие окислители при отбеливании – KMnO_4 , пероксодисульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, соед. $\text{Cu}(\text{II})$, хлорид, сульфат или комплексные соед. $\text{Fe}(\text{III})$. При обработке цветных фотополюсов и фотобумаг с целью упрощения и ускорения процесса получения изображения стадии фиксирования и отбеливания совмещают в одну; при этом отбеливающий-фиксирующий р-р содержит гл. обр. комплексные соед. $\text{Fe}(\text{III})$ с этилендиаминтетрауксусовой к-той, окисляющие Ag , а также р-ритель солей Ag – тиосульфат Na или аммония.

Важное значение в процессе Х.-ф. о. ф. после проявления и фиксирования изображения имеет промывка фотоматериала в проточной воде. Промежут. промывки (между стадиями обработки) способствуют быстрому прекращению предыдущего процесса и уменьшению попадания (заноса) компонентов одного обрабатываемого р-ра в другой. Эффективность оканчат. промывки определяется остаточным содержанием тиосульфат-ионов в слоях и на подложке фотоматериала, от чего в значит. степени зависит качество видимого изображения при хранении (сохраняемость фотоматериалов). При недостаточной промывке изображение выцветает, т. е. наблюдается снижение оптич. плотности изображения, что обусловлено переходом Ag в соль серебра или разрушением красителя. Для полного удаления тиосульфат-ионов фотоматериал дополнительно обрабатывают р-рами, содержащими H_2O_2 и NH_3 ; при этом образующиеся в р-ре сульфат-ионы легко удаляются при оканчат. промывке.

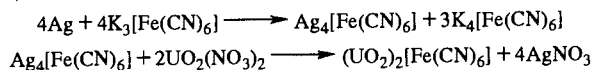
К процессам Х.-ф. о. ф. относятся также: предварит. смачивание (размачивание) фотоматериала перед проявлением в воде или р-ре ПАВ, осуществляемое с целью повышения равномерности проявления изображения или удаления остатков слоев фотоматериала (см. *Фотографические материалы*); прерывание проявления, осуществляемое в т. наз. останавливающих кислых р-рах (стоп-растворы), содержащих к-ту или смесь к-ты с солью щелочного металла, напр. уксусную и(или) лимонную к-ты, Na_2SO_4 , CH_3COONa , KBr , алюмокалиевые квасцы; допроявление в быстрых проявителях, применяемое в процессах получения цветных негативов после цветного проявления с целью повышения чувствительности фотоматериала; осветление (обесцвечивание) – удаление окраски светочувствит. и вспомогат. слоев фотоматериала после отбеливания в р-ре Na_2SO_3 или фиксирующем р-ре; дублирование – повышение прочности и термостойкости, а также понижение влагоустойчивости фотографий, и вспомогат. слоев (см. *Дублирование фотографий*) и др.

Для повышения светочувствительности фотоматериала и улучшения качества получаемого видимого изображения м. б. использованы приведенные ниже способы.

Усиление изображения – обработка проявленного фотоматериала (гл. обр. негатива), имеющего недостаточную оптич. плотность в результате недостаточного экспонирования или недопроявления. Усилению подвергаются только те участки негатива, к-рые имеют хотя бы незначит. почернение. В процессе усиления оптич. плотность может увеличиваться пропорционально своей первоначальной величине (пропорциональное усиление) либо в относительно большей степени на участках с большими плотностями (сверхпропорциональное, или суперпропорциональное, усиление), либо в относительно большей степени на участках с малыми плотностями (субпропорциональное усиление).

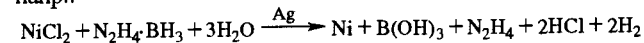
Процесс усиления изображения осуществляется разл. способами, к-рые условно делятся на хим., физ. и оптические. Хим. усиление заключается в осаждении на металл. Ag непрозрачных или окрашенных соед. неблагородного металла, имеющих более высокие эффективные оптич. плотности. Обычно осуществляется в неск. стадий: 1) окисление металл. Ag (отбеливание), напр., с помощью $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (см. выше); 2) обменная р-ция с ионом металла, входящего в состав усилителя, в результате чего образуется соед. металла с низким коэф. пропускания света, напр.: $\text{Ag}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 2\text{CoCl}_2 \longrightarrow 4\text{AgCl} + \text{Co}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; 3) восстановление AgCl до металл. Ag при р-ции с проявителем или образование сульфида Ag по р-ции: $2\text{AgCl} + \text{Na}_2\text{S} \longrightarrow \text{Ag}_2\text{S} + 2\text{NaCl}$.

Кроме приведенного выше т. наз. кобальтового усилителя применение находят т. наз. медный, урановый, свинцовый, хромовый и др. усилители. В присут. медного усилителя процесс протекает с окислением металл. Ag до AgBr ($\text{Ag} + \text{CuBr}_2 \longrightarrow \text{AgBr} + \text{CuBr}$) с послед. визуализацией (чернением) изображения по р-ции с AgNO_3 [$\text{CuBr} + 2\text{AgNO}_3 \longrightarrow \text{Ag} + \text{AgBr} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$] и проявлением AgHal . В результате на каждый атом Ag образуются еще два атома Ag . При действии уранового усилителя изображение не содержит металл. Ag и состоит лишь из окрашенных частиц уранилферроцианида, получающегося в результате р-ции:



При усилении солями хрома (хромовый усилитель) дополнит. плотность изображения достигается вследствие образования соед. $\text{Cr}(\text{III})$ бурого цвета.

При физ. усилении увеличение плотности изображения происходит в результате дополнит. отложения неблагородного металла из р-ра усилителя на металл. Ag , протекающего вследствие окислит.-восстановит. процесса. Для интенсификации физ. усиления металл. Ag предварительно переводят в галогенид (окисляют) по р-ции $\text{Ag} + \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{KBr} \longrightarrow \text{AgBr} + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с послед. обратным превращением AgBr в р-ре физ. усилителя в атомное Ag с одновременным восстановлением ионов металла на серебре, напр.:



Оптич. усиление имеет место при адсорбции или образовании на металл. Ag красителей или окрашенных соед., увеличивающих эффективную оптич. плотность. Применение находят гл. обр. два способа оптич. усиления красителями: 1) перевод Ag , образующего изображение, в AgHal с послед. восстановлением в проявляющем р-ре, содержащем краситель; 2) адсорбция красителей на металл. Ag , для чего его сначала превращают в протраву, напр. тиоцианат Ag [$\text{Ag} + \text{Cu}(\text{SCN})_2 \longrightarrow \text{AgSCN} + \text{CuSCN}$], на к-рую затем осаждают краситель.

Ослабление изображения – уменьшение оптич. плотности изображения на негативе (позитиве) в результате частичного или полного превращения металл. Ag в раство-

римые соед. или избират. частичное обесцвечивание синего, желтого либо пурпурного тонов цветного изображения. Ослаблению подвергают негативное, позитивное или обращенное изображение со слишком большой оптич. плотностью, контрастностью либо вуалью, полученными вследствие переэкспонирования при съемке и печати или при перепроявлении, а также при необходимости удалить нек-рые детали изображения.

Ослабление черно-белого изображения протекает обычно в две стадии – окисление металлич. Ag (отбеливание) и растворение соли Ag, к-рые осуществляются отдельно или совмещаются при обработке в одном ослабляющем р-ре. Ослабление цветного изображения достигается в результате уменьшения оптич. плотности отдельных красителей; применяется редко во избежание нарушения цветового баланса и ухудшения цветопередачи.

Различают пропорциональное, сверхпропорциональное, субтрактивное (поверхностное) и субпропорциональное ослабление. Пропорциональное ослабление характеризуется уменьшением общей оптич. плотности и контрастности изображения; при сверхпропорциональном ослаблении происходит уменьшение плотности переэкспонированных участков, причем участки с малой плотностью не ослабляются. Субтрактивное ослабление способствует уменьшению всех плотностей изображения на одну и ту же величину при неизменной контрастности изображения; субпропорциональное – в большей степени ослабляет малые плотности изображения при увеличении контрастности.

Для пропорционального и сверхпропорционального ослабления изображения используют сернокислотные р-ры персульфата аммония, хинона или железомониевых квасцов; для субпропорционального и субтрактивного ослабления – р-ры $K_3[Fe(CN)_6]$ с тиосульфатом Na, сернокислотные р-ры $KMnO_4$ или $K_2Cr_2O_7$.

Для пропорционального и сверхпропорционального ослабления изображения применяют также способ повторного проявления (т. наз. гармонич. ослабление). Вначале металлич. Ag отбеливают и превращают в $AgHal$, а затем проявляют в разб. выравнивающем проявителе до нужной оптич. плотности, фиксируют и промывают. Ослабляющее действие на мелкодисперсное серебряное изображение оказывают также кислые р-ры тиосульфата Na (кислые фиксажи), тиомочевны, тиоцианатов и др.

Вирирование (тонирование) изображения – процесс окрашивания черно-белого изображения в результате частичного или полного превращения металлич. Ag в к.-л. окрашенное соед. Ag или замены его др. металлом, соед. или красителем. Процессы вирирования делятся на прямые (окрашивание в одну стадию) и косвенные (окрашиванию предшествует стадия отбеливания Ag переводом его в $AgHal$, к-рый затем превращается в окрашенное соед.) и могут использоваться как на стадии получения негатива, так и позитива.

Наиб. широко применяют косвенный процесс вирирования соединениями серы при окрашивании изображения в тон сепии – от пурпурно-коричневого до светло-коричневого цвета. Получаемое изображение состоит из Ag_2S , причем цвет зависит от размеров зерен сульфида. Процесс протекает в неск. стадий: сначала изображение отбеливается в р-ре, содержащем окислитель (обычно $K_3[Fe(CN)_6]$) и растворимый галогенид (напр., KBr): $Ag + K_3[Fe(CN)_6] + KBr \rightarrow AgBr + K_4[Fe(CN)_6]$; затем $AgBr$, образовавшийся в процессе отбеливания, превращается в р-рах Na_2S , тиомочевны и др. соед. серы в Ag_2S . В коричневато-желтый тон изображение окрашивается при проявлении пирогаллоловым проявителем с малым содержанием Na_2SO_3 .

Синий, пурпурный, коричневый, зеленый и красный цвета получают путем осаждения на изображении окрашенных соед. Fe, Au, Ag, U, Se, Pb, Ni, Sn, V или Co. Цвет изображения, получаемый в процессе вирирования, находится в зависимости от степени однородности и дисперсности зерен металлич. Ag, что определяется св-вами фотоматериала и условиями процесса проявления, напр. матовые и полуматовые фотобумаги вирируются легче и дают лучшие результаты

по сравнению с глянцевыми. Для того чтобы при вирировании окрашивалось только изображение и не окрашивались желатин и подложка, металлич. Ag превращают в соед., способное адсорбировать краситель из р-ра, т.е. протравливают. В качестве протрав используют водные р-ры $K_3[Fe(CN)_6]$, тиоцианатов, сульфидов и др. После травления фотоматериал подвергают действию р-ра красителя, к-рый осаждается и дает изображение, состоящее из красителя.

В красно-коричневый цвет изображение окрашивается при обработке в течение 20–30 с в р-ре, содержащем цитрат K, $CuSO_4$ и $K_3[Fe(CN)_6]$ (при тонировании в течение 15–20 мин изображение приобретает карминовый цвет), в синий цвет – при обработке в р-ре, содержащем $K_3[Fe(CN)_6]$, лимонноаммиачное Fe и винную к-ту. При окрашивании в зеленый цвет позитив сначала отбеливают в р-ре, содержащем $Pb(NO_3)_2$, $K_3[Fe(CN)_6]$ и 10%-ную HNO_3 , а затем отбеленное изображение после промывки помещают на 3–4 мин в окрашивающий р-р, состоящий из $K_2Cr_2O_7$, KBr и железомониевых квасцов.

Самовирирующие фотобумаги содержат в слое цветообразующие компоненты и дают изображение с цветовым оттенком вследствие образования красителей при проявлении производными *п*-фенилендиамина. Для вирирования изображения используют также процесс цветного проявления с цветообразующей диффундирующей компонентой. Изображение черно-коричневого или зеленоватого-коричневого тона получается на хлоробромосеребряных, зеленого – на иодохлоросеребряных и иодохлоробромосеребряных фотобумагах непосредственно в процессе проявления в метол-гидрохиноновом или гидрохиноновом проявителе. Тон изображения зависит от величины экспозиции, продолжительности проявления, контрастности и оптич. плотности негатива.

Если необходимо местное усиление, ослабление или тонирование, сухой негатив или позитив сначала размачивают в дистиллированной или кипяченой воде, сушат при комнатной т-ре, а затем кисточкой либо ватным тампоном наносят на соответствующие участки р-р усилителя, ослабителя или тонирующего р-ра (виража). При достижении необходимого эффекта р-р смывают и дообработывают.

Латенсификация – усиление полученного скрытого изображения путем дополнит. засвечивания экспонир. фотоматериала светом низкой интенсивности в течение длит. времени либо обработки в р-рах или парах разл. в-в перед проявлением.

Десенсибилизация – понижение светочувствительности экспонир. фотоматериала гл. обр. к длинноволновым лучам (панхроматич. и ортохроматич. материалы) для визуального контроля проявления изображения (см. *Десенсибилизация фотографических материалов*).

Повысить светочувствительность фотоматериала перед фотографированием можно с помощью гиперсенсibilизации, к-рая достигается предварит. экспонированием фотоматериала светом низкой интенсивности, нагреванием фотоматериала или выдерживанием его в парах NH_3 , Hg , атмосфере H_2 , р-рах H_2O_2 , NH_3 и др. (см. *Сенсибилизация фотографических материалов*); эффект гиперсенсibilизации сохраняется до неск. суток, после чего чувствительность фотоматериала снижается до исходной.

Процесс обращения изображения. Получение позитивного изображения способом обращения применяют в хроникально-документальной и любительской кинематографии, микрофильмировании, для получения диапозитивов, а также в разл. областях науки и техники для получения полутонного и штрихового позитивного изображения. Преимущества этого способа – применение одного и того же фотоматериала для съемки и получения позитивного изображения (вследствие чего нет необходимости в копировальном аппаратуре и доп. позитивном фотоматериале), высокое качество изображения. Один из осн. недостатков – большая длительность процесса обработки.

Для черно-белых фотоматериалов процесс обращения включает след. стадии: первое проявление, в результате к-рого происходит визуализация скрытого негативного изображения объекта съемки и образуется негатив; отбеливание с послед.

удалением водорастворимого соед. Ag (осветление); второе экспонирование (равномерная засветка оставшихся в слое микрокристаллов AgHal) – образование центров скрытого позитивного изображения объекта стемки; второе проявление – образование позитивного (обращенного) изображения; фиксирование; промывка. После каждой стадии фотоматериал подвергают промежут. промывке.

Для ускорения и упрощения процесса обращения засветку, второе проявление и фиксирование часто заменяют одной стадией – чернением – полным неизбирательным восстановлением AgHal в Ag или переводом его в непрозрачное водонерастворимое соед., напр. сульфид.

Чернение осуществляют обычно в щелочных р-рах SnCl_2 , гидросульфита Na, борогидрида Na, гидразина, гидразинборана, тиомочевины или Na_2S (в последних двух случаях AgHal переходит в Ag_2S).

Образование цветного обращенного изображения включает след. стадии: черно-белое проявление, при к-ром в фотослоях цветного фотоматериала образуется черно-белое негативное изображение, состоящее из металлич. Ag; прерывание процесса проявления; второе экспонирование (засветка); цветное проявление, при к-ром в фотослоях формируется позитивное изображение, состоящее из красителей и металлич. Ag; отбеливание с послед. растворением и удалением из фотоматериала водорастворимых соед. Ag. После каждой стадии фотоматериал подвергают промежут. промывке. В нек-рых процессах стадию засветки заменяют обработкой фотоматериала в р-ре для хим. обращения; при этом в микрокристаллах AgHal образуются центры проявления, инициирующие цветное проявление. Для повышения устойчивости цветного изображения при хранении фотоматериал после окончат. промывки обрабатывают стабилизирующим р-ром (напр., р-ром тиомочевины).

Существует также ряд методов обращения изображения, в основе к-рых лежат разл. явления, сочетающие специфич. условия экспонирования и Х.-ф. о. ф., напр. поляризация (см. *Фотография черно-белая*).

Сушка фотоматериала – завершающая стадия Х.-ф. о. ф. Осуществляется естественным (на воздухе) или искусств. путем. Искусств. сушку производят обычно обеспыленным и подогретым воздухом, подаваемым к пов-сти фотоматериала под давлением. Применяют разл. способы подвода тепла: конвективные (рамы, рамочные барабаны, фестоновые сушильные устройства), контактные (электроглянцеватели, барабанные устройства), радиационные и комбинированные, к-рые чаще всего используют в провячных машинах. Для ускорения сушки фотоматериал обрабатывают 70%-ным водным р-ром этанола, насыщенным водным р-ром K_2CO_3 или др. в-в, способных поглощать воду из фотоматериала. Для улучшения плоскостности и уменьшения скручиваемости фотопленок их перед сушкой обрабатывают пластифицирующими р-рами, содержащими многоатомные спирты, гл. обр. глицерин. Устранение солевых пятен от капель воды на пов-сти высушенного фотоматериала достигается его обработкой перед сушкой р-ром ПАВ. Для усиления глянца на фотобумаге ее обрабатывают р-рами для глянцеваия, содержащими Na-соль карбоксиметилцеллюлозы, формалин и ПАВ.

Фотографии. изображение для повышения сохранения защищают разл. прозрачными лаками или тончайшими бесцв. пленками. Материалы, предназначенные для длит. хранения, после окончат. промывки перед сушкой подвергают обработке р-рами, содержащими фунгициды или антисептики, к-рые уничтожают вредоносные грибы и бактерии, разрушающие желатиновые слои и соотв. фотографии. изображение.

Лит.: Блюмберг И.Б., Технология обработки фотокиноматериалов, 2 изд., М., 1967; Кириллов Н.И., Основы процессов обработки кинофотоматериалов, М., 1977; Джеймс Т., Теория фотографического процесса, пер. с англ., Л., 1980; Журба Ю.И., Лабораторная обработка фотоматериалов, М., 1984; его же, Краткий справочник по фотографическим процессам и материалам, 4 изд., М., 1991; Картужанский А.Л., Красный-Адмони Л.В., Химия и физика фотографических процессов, 2 изд., Л., 1986; Красный-Адмони Л.В., Малосеребряные фотографические материалы и процессы их обработки, Л., 1986; Киселев А.Я., Видеоскоп Ю.Б., Физические и химические основы цветной фотографии, Л., 1988; Редько А.В., Основы черно-белых и цветных фотопроцессов, М., 1990; Haist G.M., Modern photographic processing, N.Y., 1979. Ю.И. Журба.

ХИМИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОНОВ (ХПЭ), состоит в том, что в радикалах, участвующих в спин-селективных хим. процессах, создается неравновесная заселенность электронных зеемановских уровней. ХПЭ проявляется в спектрах ЭПР радикалов как аномально сильное поглощение (если избыточно заселен нижний зеемановский уровень) или испускание (если избыточно заселен верхний уровень).

ХПЭ возникает по двум главным механизмам. Во-первых, в радикальных парах рекомбинация радикалов селективна и по электронному, и по ядерному спину, так что при рекомбинации происходит отбор радикалов по обоим спинам. В результате в радикалах, избежавших рекомбинации, остаются заселенными лишь определенные, избранные электронно-ядерные состояния. Напр., в атоме водорода, покидающем радикальную пару, электронный α -спин комбинирует с α -спином протона, а β -спин электрона комбинирует с β -спином протона. В спектре ЭПР таких атомов с поляризованными электронами линия в слабом поле оказывается эмиссионной, а линия в сильном поле – аномально интенсивной в поглощении.

Во-вторых, электронная поляризация создается в триплетных состояниях молекул за счет того, что каждый из трех спиновых уровней (с проекциями электронного спина $+1$, 0 и -1) может из-за анизотропии спин-орбитального взаимодействия заселяться с разными скоростями при переходе молекулы из возбужденного синглетного состояния в триплетное; кроме того, скорости дезактивации (релаксации) этих триплетных спиновых уровней также могут отличаться (из-за анизотропии дипольного взаимодей.). В результате создается неравновесная заселенность уровней, т.е. электронная поляризация. Когда такая триплетная молекула генерирует радикалы (напр., путем распада) электронная поляризация переносится в радикалы и детектируется в них по спектрам ЭПР. При этом поляризация обоих радикалов такая же, как у предшественника, т.е. их поляризация одинакова по знаку. С другой стороны, ХПЭ, создаваемая в радикальных парах, имеет, как правило, противоположные знаки у партнеров, что позволяет различать эти два механизма.

Явление ХПЭ используют при исследовании механизмов хим. процессов, особенно фото- и радиационно-химических (включая фотосинтез).

Лит. см. при ст. Химическая поляризация ядер.

А.Л. Бучаченко.

ХИМИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЯДЕР (химически индуцированная поляризация ядер; ХПЯ), появление неравновесной ядерной намагнитченности в молекулах, образующихся в результате радикальных хим. р-ций, ориентирующих магн. моменты ядер. Наиб. чувствит. метод зондирования ядерной намагнитченности таких молекул – ЯМР. Признаком ХПЯ является аномально сильное поглощение или испускание энергии переменного магн. поля в спектрах ЯМР, что обусловлено неравновесной заселенностью зеемановских энергетич. уровней в этих молекулах (см. *Зеемана эффект*). При аномально сильном поглощении заселенность ниж. зеемановских уровней выше равновесной, тогда как аномально сильная эмиссия в спектрах ЯМР означает, что равновесную величину превышает заселенность верх. зеемановских уровней. Первый случай соответствует положит. поляризации ядер, второй – отрицательной.

ХПЯ создается в элементарных процессах межрадикального взаимодей. (напр., рекомбинации или диспропорционирования) благодаря его спиновой селективности, т.е. зависимости направления и скорости межрадикального взаимодей. от электронного спина реагирующих радикалов и спинового состояния радикальной пары – предшественника хим. р-ции (см. *Магнитно-спиновые эффекты*).

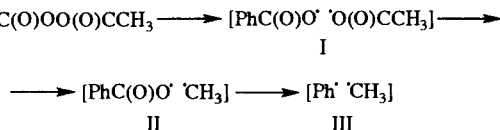
Спиновая селективность – следствие спинового запрета таких хим. р-ций, к-рые требуют изменения электронного спина. Так, рекомбинация радикалов с образованием диамагн. молекул разрешена только в такой радикальной паре, в к-рой электронные спины радикалов-партнеров ориентированы противоположно, так что суммарный электронный спин пары равен нулю (синглетное состояние пары). Рекомбинация радикальных пар, в к-рых электронные спины партнеров ориентированы так, что они складываются в суммарный спин, равный единице, запрещена. Такие пары являются триплет-

ными и для их рекомбинации необходимо снять спиновый запрет, т. е. изменить спин, трансформировав триплетную нерасщепленную пару в синглетную, способную реагировать.

Эту важную ф-цию снятия спинового запрета выполняют магн. взаимодей. неспаренных электронов с атомными ядрами реагирующих радикалов. Пренебрежимо малые по величине энергии электрон-ядерные (сверхтонкие) магн. взаимодей. могут изменять спин пары за время ее жизни, осуществляя триплет-синглетную (или наоборот – синглет-триплетную) спиновую конверсию. Так меняется электронный спин радикальной пары и, следовательно, ее реакц. способность (см. также *Клетки эффект*).

Скорость изменения спина определяется величиной локального магн. поля, создаваемого ядром у неспаренного электрона, т. е. энергией сверхтонкого взаимодей., и зависит, следовательно, от ориентации спина и магн. момента ядер радикального центра. Триплетные радикальные пары с одной ориентацией ядерных спинов относительно ядерного магн. момента испытывают быструю триплет-синглетную спиновую конверсию и быстро рекомбинируют, принося в образующиеся молекулы ядра с той же ориентацией. Триплет-синглетная конверсия, пар с другой, противоположной, ориентацией ядерных спинов запаздывает, и такие пары имеют меньшую вероятность рекомбинировать. Радикалы, избежавшие рекомбинации и покинувшие пару, превращаются в др. продукты, принося в них ядра с противоположной ориентацией. Т. обр., рекомбинация радикалов – спин-селективный процесс, результатом к-рого является сортировка ядер по ориентациям их спинов относительно магн. моментов – ядра с одной ориентацией предпочтительно оказываются в продуктах рекомбинации радикалов, ядра с противоположной ориентацией передаются в др. продукты превращения радикалов. По этой причине продукты рекомбинации имеют ядерную поляризацию одного знака, остальные продукты р-ции несут ядерную поляризацию противоположного знака.

Пример спектра ЯМР в случаях ХПЯ при термич. распаде ацетилбензоилпероксида в тетрафлорэтилене показан на рис., схема распада:



В продуктах распада радикальных пар I–III (метилбензоат, толуол) протоны метильной и фенильной групп поляризованы отрицательно (эмиссия в спектре этих групп), в продуктах превращения радикалов, избежавших рекомбинации (бензол, метан, метилхлорид), поляризация положительна (поглощение в спектре ЯМР). Такая хим. сортировка ядер по их ориентации подтверждает спиновую селективность радикальных р-ций как источник ХПЯ.

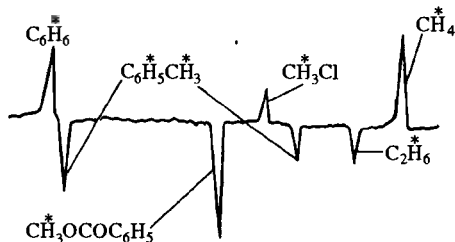


Рис. Спектр ХПЯ продуктов термического распада ацетилбензоилпероксида в тетрафлорэтилене при 90 °C (звездочками помечены поляризованные протоны).

Знак и величина ХПЯ зависят от величины и знака спина и магн. момента ядер, от величины и знака сверхтонкого взаимодей., от разности g-факторов радикалов-партнеров, от стартового спинового состояния реагирующей радикальной пары, от времени ее жизни. По этой причине ХПЯ служит методом установления механизмов хим. р-ций, детектирования радикалов и стадий радикальных р-ций.

С помощью ХПЯ легко определить мультиплетность радикальных пар, установить, из каких состояний (триплетных или синглетных) рождаются радикалы и молекулы. Метод позволяет разделить радикальные и нерадикальные пути хим. р-ции и оценить количественно их конкуренцию, идентифицировать нестабильные промежуточные продукты и обратимые радикальные стадии, к-рые не удается установить никакими др. методами. Изучая кинетику ХПЯ, можно определять константы скорости р-ций, а по количеств. данным о величине поляризации – кинетику быстрых р-ций в радикальных парах (распад, изомеризация радикалов, р-ции замещения, переноса электрона и т. д.), происходящих с характеристич. временами 10^{-8} – 10^{-9} с. С помощью ХПЯ можно определять знаки констант сверхтонкого взаимодей. в радикалах, знаки констант спин-спиновой взаимодей. в молекулах, времена ядерной релаксации в радикалах и молекулах, устанавливать участие «горячих» радикалов в р-циях.

Лит.: Бучаченко А. Л., Химическая поляризация электронов и ядер, М., 1974; Бучаченко А. Л., Сагдеев Р. З., Салихов К. М., Магнитные и спиновые эффекты в химических реакциях, Новосиб., 1978; Бучаченко А. Л., «Успехи химии», 1995, т. 64, в. 9, с. 863; Spin polarization and magnetic effects in radical reactions, Bdpst, 1984; Buchachenko A. L., Frankovich E. L., Chemical generation and reception of radio and microwaves, N.Y., 1993.

А. Л. Бучаченко.

ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ, взаимодействие атомов, обуславливающее устойчивость молекулы или кристалла как целого. Х. с. определяется взаимодей. между заряженными частицами (ядрами и электронами). Совр. описание Х. с. проводится на основе квантовой механики. При переходе от молекулы к в-ву, образованному множеством молекул, в силу вступают законы, определяющие статистич. характер св-в систем большого числа частиц (законы статистич. термодинамики).

Развитие представлений о Х. с. В классич. теории хим. строения принималось, что молекула образуется из атомов, имеющих нек-рое средство к другим атомам. Количеств. мерой этого св-ва атома служило целое число единиц средства, каждая единица к-рого при образовании молекулы должна быть использована для соединения данного атома с другими, однако у т. наз. радикалов часть единиц средства (по формальным признакам) оказывалась неиспользованной. Характерное число единиц средства атома данного элемента наз. валентностью, а число единиц средства, затрачиваемое данным атомом на соединение с другим атомом, – кратностью Х. с. (см. *Молекула*).

В классич. подходе предполагалось, что атомы в молекуле соединяются лишь парно, так что каждая единица средства затрачивается на образование Х. с. между данным атомом и одним соседним. Пространств. строение одинаковых фрагментов разл. молекул, определяемое межъядерными расстояниями (длинами связи) и углами между направлениями Х. с. (валентными углами), приблизительно одно и то же в разных в-вах. Это позволило ввести представление об аддитивности св-в в рядах однотипных хим. соед. Эффекты, обусловленные коллективным взаимодей. в сложной системе, напр. в ароматич. соед., рассматривались как отклонение от нормы, что привело к появлению новых понятий, характеризующих наличие таких отклонений: сопряжение связей, транс-влияние в комплексных соединениях и т. п.

В нач. 20 в. появились представления, согласно к-рым Х. с. обусловлена образованием у каждого атома стабильной электронной оболочки, включающей нек-рое «магическое» число электронов. Для водорода это число равняется 2, для атомов второго периода периодич. системы – 8, для след. периода – 18 и т. д. Возможны два способа образования октета (оболочки из 8 электронов): 1) переход одного или неск. электронов от данного атома к другому, так что у обоих атомов возникает октетная оболочка и образуется пара электростатически взаимодействующих ионов (катион и анион); 2) обобществление от каждого атома, участвующего в образовании Х. с., по одному электрону с образованием электронной пары (чему соответствовал валентный штрих в классич. структурной ф-ле) либо по два, три и т. д. электрона с образованием двух или большего числа электронных пар (чему соответствовали валентные штрихи двойных, тройных и т. п. связей; см. *Кратные связи*).

При первом из этих способов возникает *ионная связь*, при втором — *ковалентная связь*. Совокупность этих представлений составила основу октетной (электронной) теории (Г. Льюис и практически одновременно для ионной связи — В. Коссель, 1916).

Наглядные представления подобных теорий имеют широкое распространение. До сих пор предпринимаются попытки их улучшения и модернизации, напр. теория отталкивания электронных пар Р. Гиллеспи (1961; см. *Гиллеспи теория*).

В развитие классич. представлений о способности атома вступать в Х. с. с другими атомами, проявляя ту или иную валентность, каждому атому была сопоставлена нек-рая численная величина, получившая назв. *электроотрицательности* (Л. Полинг, 1932). Эта величина характеризует силу притяжения электронов к данному атому при образовании Х. с. Если электронная пара смещается в сторону одного из атомов, он считается более электроотрицательным, чем второй. Чем больше разность электроотрицательностей атомов, образующих Х. с., тем более эта связь близка к ионному типу. Использование электроотрицательности основано на простых эмпирич. ф-лах, связывающих ее с длинами связей и др. характеристиками строения молекул. Однако как всякая характеристика, не учитывающая окружение атома в молекуле, электроотрицательность имеет весьма ограниченную применимость. По своему определению электроотрицательность весьма близка к *сродству к электрону* (либо к *потенциалу ионизации*), однако первое понятие относится к нек-рому эффективному атому в молекуле, тогда как второе — к взаимод. отдельного атома (либо иона) со свободным электроном.

Квантовомеханическая интерпретация Х. с. была предложена в первые же годы возникновения квантовой механики при решении ур-ния Шрёдингера для простейших двухатомных молекул (H_2^+ , H_2 , LiH и т. п.). Ф. Лондон и В. Гайтлер в 1927 предложили квантовомех. метод приближенного расчета длины и энергии связи в молекуле H_2 (метод Гайтлера — Лондона). Были разработаны два осн. метода расчета энергии молекулы — метод валентных связей и метод молекулярных орбиталей, позволяющие, хотя и с несколько различных позиций, объяснить наиб. характерные черты Х. с. для гомоядерных и гетероядерных молекул. В рамках *валентных связей метода* образование Х. с. соотносится со спариванием спинов электронов тех атомов, к-рые участвуют в образовании связи (т. наз. теория спин-валентности). Качественно правильный вид зависимости энергии молекулы от межъядерных расстояний был получен при представлении волновой ф-ции в виде антисимметризованного произведения ф-ций, отвечающих валентным штрихам в структурной ф-ле, либо в виде линейной комбинации таких произведений, отвечающих набору структурных ф-л в *резонансной теории* (Л. Полинг, 1931–33). Существенное значение при введении таких ф-ций имел выбор орбиталей атомов, образующих связь, напр. выбор тех орбиталей, к-рые учитывают изменение атомных орбиталей в молекуле (см. *Гибридизация атомных орбиталей*).

В простейших вариантах *молекулярных орбиталей метода* образование Х. с. было соотнесено с перекрыванием атомных либо гибридных орбиталей и образованием мол. орбиталей, что приводит к более низкой энергии молекулы, чем у системы разделенных атомов.

К 40-м гг. 20 в. сложилась наглядная картина того, что Х. с. описывается распределением *электронной плотности* в молекуле, прежде всего в пространстве между ядрами химически связанных атомов. В рамках этих представлений ковалентной связи соответствует увеличение электронной плотности в пространстве между ядрами по сравнению с тем, что было бы в отсутствие взаимодействия (т. е. в свободных атомах). Такое увеличение плотности симметрично для гомоядерных мол. систем, напр. H_2 , H_2 , C_2 , N_2 ; если атомы различны, то электронная плотность смещается к одному из них, т. е. происходит поляризация связи. Ионная связь отвечает предельной поляризации, т. е. такому перераспределению электронной плотности, к-рое приводит к образованию ионов, при этом электронная плотность для пары связанных атомов

отвечает сумме электронных плотностей не атомов, как таковых, а ионов, в общем случае несколько деформированных взаимным влиянием друг на друга (см. также *Полярные молекулы*).

Для характеристики электронного строения молекул были введены числовые величины, соотносимые с распределением электронной плотности: заряды на атомах, порядки связей, индексы реакционной способности и т. п. Эти величины, в большей или меньшей степени коррелирующие с геом. параметрами (длинами связей, валентными углами и др.) локальных структурных фрагментов молекул, стали широко использоваться при анализе и предсказании особенностей проявления Х. с. в конкретных хим. соединениях.

Для многих классов хим. соединений возможно относительно простое описание Х. с. на основе представлений о локализованных мол. орбиталях, позволяющее выделить отдельные составляющие электронной плотности и др. физ. величин, напр. энергии, к-рые можно соотнести с классич. или полуклассич. (электронными) представлениями о Х. с. При этом взаимосвязь разл. представлений достигается прежде всего на основе упрощения подходов, описывающих состояния электронов в молекуле, а также и при развитии этих представлений на более сложные объекты, в т. ч. не рассматривавшихся в рамках классич. теории, напр. переходных состояний, нестабильных мол. образований в разл. электронных состояниях и т. п.

Классификация Х. с. основывается прежде всего на том, как происходит перераспределение электронной плотности при образовании связи. Помимо уже указанных двух типов Х. с. — ионной и ковалентной — часто выделяют в качестве одного из основных типов *координационную связь* (донорно-акцепторную связь), реализующуюся, в частности, в координационных соед. Такую связь соотносят с образованием локализованной двухцентровой мол. орбитали, на к-рой находится пара электронов, принадлежащая до появления связи одному из этих центров. На языке электронной теории при образовании донорно-акцепторной связи происходит переход электронной пары, локализованной на атоме-доноре, к атому-акцептору.

Очевидно, что при образовании донорно-акцепторной Х. с., напр. при р-ции $NH_3 + B(CH_3)_3 \rightarrow H_3\overset{+}{N} - \overset{-}{B}(CH_3)_3$, происходит изменение всех Х. с., по крайней мере в ближайшем окружении атомов, между к-рыми эта связь образуется, в той же степени, к-рая характерна для других типов Х. с. По распределению электронной плотности донорно-акцепторные связи подчас ничем существенно не отличаются от того состояния, к-рое соответствует полярным ковалентным Х. с. Отличие лишь в генезисе этих связей.

Среди Х. с. выделяют также *металлическую связь*, для к-рой считается характерным образование единой системы электронов (электронного газа), находящихся в поле положительно заряженных атомных остовов. Специфика Х. с. в металлах определяется, однако, не столько возникновением электронного газа как такового, ибо он образуется и в неметаллич. соединениях, а наличием частично заполненных зон энергетич. уровней, что приводит к высокой электронной проводимости даже при весьма малых разностях приложенного потенциала внеш. поля (см. *Твердое тело*).

В конденсир. состоянии в-ва Х. с. часто вообще не м. б. соотнесена с отдельными парами атомов. Так, в ионных кристаллах и расплавах присутствуют ионы, взаимодействующие со всем окружением, прежде всего ближайшим к каждому из этих ионов. Выделить отдельные пары атомов или ионов, соединенных Х. с., здесь уже нельзя.

Подобная ситуация встречается даже и не у столь протяженных объектов. Так, гидроксильная группа ОН молекулы часто образует устойчивую Х. с. с электроотрицат. атомами L, входящими в состав другой или той же самой молекулы, что приводит к появлению группировки О—Н...L, в к-рой трудно отнести Х. с. к к.-л. паре атомов. Такая Х. с., получившая назв. *водородной связи*, образуется не только при взаимод. группы ОН с атомом L, но и при взаимод. групп АН, где

в качестве А может выступать N, F, Cl, S и нек-рые др. атомы. Весьма близка к водородной связи и мостиковая связь B—H—B в *бороводородах*.

Многоцентровую Х.с. в соед. сэндвичевого типа также нельзя соотносить с отдельными парами атомов. Напр., в металлоценах такая связь осуществляется как единая Х.с. центрального атома металла со всеми атомами углерода циклопентадиенильных колец. В случае ван-дер-ваальсовой связи, возникающей, напр., при взаимод. молекул, включающих электроотрицательные атомы (O_2 , Cl_2 , Br_2 , HCl и др.), с атомами благородных газов, также обычно невозможно выделить отдельные пары атомов, между к-рыми возникает Х.с. (см. *Дисперсионное взаимодействие*).

Помимо указанного признака происхождения Х.с. используют и др. критерии, по к-рым м.б. охарактеризована Х.с. Так, характер распределения электронной плотности определяет полярность Х.с.: большее или меньшее смещение электронной плотности от одного атома к другому при образовании связи. Тип Х.с. (ионный, ковалентный и др.) м.б. соотнесен также с характером и относит. положением особых точек на картах распределения электронной плотности (точек минимума, перегиба, точек разл. максимумов и т.п.). Весьма важным критерием является энергетический, к-рый основан на сопоставлении каждой Х.с. нек-рой энергии связи. Для двухатомных молекул энергия связи определяется как энергия диссоциации. Для многоатомных молекул эта величина является условной и отвечает энергии такого процесса, при к-ром данная Х.с. исчезает, а все остальные связи остаются без изменения. Х.с. подразделяют на прочные, или сильные (≥ 500 кДж/моль, напр. 942 кДж/моль для N_2), слабые (от ~ 100 до ~ 15 кДж/моль, напр. 69 кДж/моль для NO_2) и ван-дер-ваальсовы (порядка 5 кДж/моль и менее, напр. 2 кДж/моль для He_2). Для каждой пары атомов можно ввести нек-рое ср. значение энергии связи и по отклонению от этого значения в разных хим. соед. можно судить об изменениях, происходящих с Х.с. при изменении окружения у тех атомов, к-рые ее образуют.

Для характеристики и классификации Х.с. могут быть использованы и такие величины, как равновесные междядерные расстояния (длины связей), валентные углы, а также силовые постоянные, сопоставляемые химическим связанным парам атомов, либо, что менее определено, — частоты колебаний, если эти колебания м.б. отнесены к такой паре атомов (см. *Колебательные спектры*). Как нек-рые условные величины, соотносимые с Х.с., из к-рых складываются полные величины для молекул, м.б. рассмотрены электр. дипольные и магн. моменты Х.с. (см. *Дипольный момент*), их поляризуемости и т.п.

Базирующийся на квантовой механике подход к рассмотрению Х.с. позволил объяснить многие теоретич. положения классич. и электронных моделей Х.с. и понять эксперим. данные, не укладывающиеся в эти модели. Так, для атомов s- и p-элементов установление возможности образования не более четырех валентных связывающих мол. орбиталей привело к пониманию октетной теории Льюиса — Косселя. Структурная теория Гиллеспи получила объяснение в рамках метода мол. орбиталей. Образование комплексных соед., у к-рых центральный атом образует большее число связей, чем то допустимо формальными правилами классич. теории валентности, стало понятным с развитием *кристаллического поля теории* и *поля лигандов теории*. Количеств. результаты, позволяющие характеризовать отдельные Х.с., получают с помощью квантовохим. расчетов (см. *Неэмпирические методы*, *Полуэмпирические методы*) и экспериментально, напр. при изучении распределения электронной плотности в мол. кристаллах рентгенографич. методами.

Имеющееся в совр. химии многообразие явлений не укладывается в простые классич. и квантовохим. схемы описания молекул и Х.с. Идет непрерывное развитие представлений о Х.с. на основе эксперим. данных и результатов квантовохим. расчетов. Совр. теория трактует Х.с. как коллективное взаимодействие ядер и электронов, обеспечивающее существование хотя бы одного связывающего состояния системы. Богатство

хим. материала свидетельствует о недостаточности любых более частных определений. Так, было обнаружено существование колебательной Х.с., к-рая приводит к устойчивости таких молекул, как $H-I-H$, из-за наличия связанных колебл. состояний при несвязывающем характере *поверхности потенциальной энергии*. В кластерах металлов и в электронно-возбужденных состояниях молекул, особенно в высоковозбужденных колебл. состояниях, подчас оказывается невозможным говорить об отнесении Х.с. к отдельным парам либо тройкам атомов, поскольку стабильное существование системы в целом определяется взаимодей. всех ее частей на равных основаниях. Особую проблему при описании Х.с. составляют метастабильные соединения, соед., устойчивые только в возбужденных состояниях или только при наличии определенного окружения и т.п., устойчивость к-рых определяется лишь их внеш. окружением. В целом, развитие химии приводит не только к появлению новых моделей, введению новых типов Х.с. (напр., топологич. связь; см. *Топология*), но и к обобщению понятия Х.с., выделению общих черт, присущих связям разл. типов.

Лит.: Паулинг Л., *Природа химической связи*, пер. с англ., М.—Л., 1947; Дей К., Селбин Д., *Теоретическая неорганическая химия*, пер. с англ., М., 1969; Дмирчев И.С., *Электрон глазами химика*, 2 изд., Л., 1986; Тугуб А.В., *Валентность*, Л., 1989. Н.Ф. Степанов, В.И. Путьшев.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА, раздел физ. химии, посвященный изучению макроскопич. хим. систем (газообразные, жидкие и твердые в-ва, р-ры и др.) и процессов (р-ции, фазовые превращения и др.) на основе общих законов взаимопревращения теплоты, разл. видов работы и энергии.

Х.т. использует понятия о типах термодинамич. систем (см. *Гетерогенная система*, *Гомогенная система*, *Закрытая система*, *Изолированная система*, *Открытая система*), параметрах состояния (см. *Давление*, *Температура*, *Химический потенциал*), термодинамич. ф-циях и *термодинамических потенциалах* (см., напр., *Внутренняя энергия*, *Энтальпия*). В основе Х.т. лежат законы (начала) общей термодинамики. *Первое начало термодинамики* — закон сохранения энергии для термодинамич. системы, согласно к-рому работа может совершаться только за счет теплоты или к.-л. др. формы энергии. Оно является основой *термохимии*, изучения *тепловых эффектов реакций* и физ.-хим. процессов. *Гесса закон* позволяет определять тепловые эффекты расчетным путем, если известны теплоты образования каждого из в-в, участвующих в р-ции, или теплоты сгорания (для орг. соед.). Совр. термодинамич. справочники содержат данные о теплотах образования или теплотах сгорания неск. тысяч в-в, что позволяет рассчитывать тепловые эффекты десятков тысяч хим. р-ций. Первое начало лежит в основе *Кирхгофа уравнения*, к-рое выражает зависимость теплового эффекта р-ции или физ.-хим. процесса от т-ры и дает возможность рассчитать тепловой эффект процесса при любой т-ре, если известны теплоемкости в-в, участвующих в р-ции, и тепловой эффект при к.-л. одной т-ре.

Второе начало термодинамики лежит в основе важнейшего раздела Х.т. — учения о хим. и фазовом равновесиях. Оно определяет направление, в к-ром в данных условиях может самопроизвольно совершаться процесс в рассматриваемой системе. Принцип равновесия Гиббса дает количеств. критерий для установления направленности процесса в заданных условиях и для определения положения равновесия в системе. В зависимости от условий изоляции системы принцип равновесия формулируется через разл. термодинамич. ф-ции (см. *Термодинамическое равновесие*). В изолированных системах процессы характеризуются изменениями энтропии ΔS ; самопроизвольное течение процесса возможно только в направлении увеличения энтропии. Для процессов, происходящих при постоянных т-ре T и давлении p , рассматривают изобарно-изотермич. потенциал (энергию Гиббса, или ф-цию Гиббса): $G = H - TS$, где H — энтальпия системы; для процессов, происходящих при постоянной т-ре, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. Самопроизвольное течение процесса возможно только в направлении, к-рому отвечает уменьшение G , а пределом процесса.

т. е. условием равновесия, служит достижение миним. значения этого потенциала.

Для процесса при постоянных T -ре T и объеме V рассматривают изотермо-изохорный потенциал (энергию Гельмгольца, или ф-цию Гельмгольца) $F = U - TS$ (U – внутр. энергия системы). Самопроизвольное течение процесса возможно только в направлении, к-рому отвечает уменьшение F , а условием равновесия служит достижение минимума F .

Из этих общих соотношений следуют условия протекания конкретных процессов. Действующих масс закон выражает для гомогенных хим. р-ций соотношение между концентрациями участвующих в р-ции в-в при равновесии. В гетерогенных системах, неравновесных по фазовому составу, при заданных T -ре и давлении самопроизвольный переход в-ва из одной фазы в другую возможен в направлении выравнивания хим. потенциала данного в-ва в этих фазах, причем в-во переходит из фазы с большим хим. потенциалом в фазу с меньшим. Равновесие достигается при одинаковых значениях хим. потенциалов каждого из компонентов, составляющих систему, во всех фазах системы. Соотношение между числом компонентов, числом фаз и вариантносью системы (числом термодинамич. степеней свободы) выражается *фаз правилом*. Графики, изображающие зависимость одних термодинамич. переменных от других в условиях равновесия, наз. *линиями (поверхностями) равновесия*, а их совокупность – *диаграммами состояний*. Линии равновесия могут пересекаться (см. *Тройная точка*) или обрываться в критич. точке (см. *Критическое состояние*). Форма границы раздела фаз определяется принципом минимума *поверхностной энергии*.

Для расчетов *химического равновесия* в системах с хим. р-циями вводится представление о *стандартном состоянии* в-в. Для кристаллич. и жидких в-в в качестве стандартного обычно принимают состояние в-ва при данной T -ре и при давлении 1 атм (0,1 МПа) (в термодинамич. таблицах, как правило, приводят стандартные термодинамич. ф-ции при 298,16 К); для газообразных в-в – гипотетич. состояние идеального газа при данной T -ре и парциальном давлении, равном 1 атм. *Константа равновесия* K связана с изменением стандартного термодинамич. потенциала ΔG° простым соотношением: $\Delta G^\circ = -RT \ln K$, где R – газовая постоянная.

Третье начало термодинамики утверждает, что в любых процессах, к-рые осуществимы обратимым путем, при абс. нуле T -ры энтропия не изменяется (см. *Тепловая теорема*). Этот важный постулат был сформулирован в результате изучения теплоемкостей в-в в области T -р, близких к абс. нулю. Он устанавливает возможность определять энтропию системы чисто термодинам. путем (см. *Калориметрия*) посредством измерения теплоемкостей для всего интервала T -р (от близких к абс. нулю до данной T -ры) и тепловых эффектов всех фазовых переходов, встречающихся в этом температурном интервале. Зная энтропию каждого из в-в, участвующих в р-ции, можно рассчитать изменение энтропии системы в данной р-ции как разность между энтропией продуктов и исходных в-в. Т. обр., можно рассчитывать условия равновесия в хим. системе на основании калориметрич. данных без непосредств. определения положения самого равновесия, что для нек-рых р-ций весьма затруднительно (исток абсолютных энтропий). Калориметрич. измерения служат важнейшим источником данных о термодинамич. свойствах в-в и константах равновесия хим. р-ций.

Учение о растворах – раздел Х. т., тесно связанный с учением о равновесиях. Исходной моделью в Х. т. р-ров служат т. наз. идеальные р-ры, образование к-рых характеризуется теми же закономерностями, что и образование смеси идеальных газов (см. *Растворы*). Установление связи св-в р-ров с характером *межмолекулярного взаимодействия* и микроскопич. св-вами чистых компонентов составляет задачу *теории р-ров* (см. *Растворы неэлектролитов*). Х. т. позволяет определить парциальное давление пара над идеальным р-ром, рассчитать понижение давления пара, вызванное присутствием летучего растворенного в-ва (см. *Рауля закон*), объяснить возникновение осмотич. давления (см. *Осмос*). Термодинамич. теория реальных р-ров на феноменологич. уровне использует понятие термодинамич. *активности* компонен-

тов. На мол. уровне учитывают влияние на свойства р-ра физ. и хим. взаимодей. между компонентами (см. *Сольватация*).

Методы Х. т. имеют свои особенности при рассмотрении *растворов электролитов*, в к-рых молекулы растворенного в-ва диссоциируют на ионы (см. *Электролитическая диссоциация*), *растворов полимеров*, для к-рых характерны большие различия в размерах молекул растворенного в-ва и р-рителя, *твердых растворов*, компоненты к-рых расположены в общей кристаллич. решетке.

Электрохим. термодинамика основана на понятии *электрохимического потенциала* – термодинамич. ф-ции, характеризующей состояние к.-л. заряженного компонента при определенных внеш. условиях. Оно позволяет рассматривать равновесия на границе раздела электрод – электролит (см. *Межфазные скачки потенциала*), строение границы раздела фаз (см. *Двойной электрический слой*), связать эдс *электрохимических цепей* с тепловыми эффектами протекающих на электродах р-ций. Электрохим. измерения – основа одного из лучших методов изучения равновесий р-ций, в к-рых участвуют к-ты, основания и комплексные ионы.

Термодинамика *поверхностных явлений* определяется несимметричными силовыми полями на пов-сти, к-рые приводят к возникновению *поверхностного натяжения*, направленного параллельно пов-сти и ориентирующего молекулы поверхностного слоя. Термодинамика *поверхностных явлений* объясняет изменение поверхностного натяжения в присут. растворенных в-в, адсорбцию на твердых пов-стях, хроматографию, существование *микроэмульсий*, др. коллоидных систем, основы гетерогенного катализа. Теоретич. представления мн. разделов Х. т. используются в *термодинамике иерархических систем*.

Многие теоретич. и прикладные проблемы Х. т. требуют для своего решения вычисления термодинамич. св-в в-в методами *статистической термодинамики*. Эти методы основаны на использовании микроскопич. характеристик системы, получаемых пл. обр. из спектральных данных, т. е. путем, совершенно не зависимым от описанного выше калориметрич. метода. Хорошее совпадение значений энтропии в-ва, полученных статистич. расчетом и калориметрич. измерениями, является надежным подтверждением правильности обоих методов. Классич. Х. т. дает полное количеств. описание равновесных (обратимых) процессов. Для неравновесных процессов она устанавливает лишь неравенства, к-рые указывают возможное направление этих процессов. Количеств. изучение неравновесных процессов – осн. задача *термодинамики необратимых процессов*; в частности, для систем с хим. р-цией и диффузией компонентов возможно определение скоростей процессов в зависимости от внеш. условий, объяснение возникающих пространственных и (или) временных структур (см. *Самоорганизация в физ.-хим. системах*).

Основополагающий вклад в Х. т. внесен Г. И. Гессом (основной закон термодинамики, 1840), Дж. Гиббсом (1876–78), Г. Гельмгольцем (применение второго начала термодинамики к хим. р-циям, 1882), Я. Вант-Гоффом (термодинамика хим. р-ций и растворов, 1883–90), А. Ле Шателье (принцип смещения хим. равновесия, 1883–88), В. Нернстом (третье начало термодинамики, 1906), Г. Льюисом (метод термодинамич. активностей, 1907), И. Пригожиным (неравновесная термодинамика).

Выводы и методы Х. т. широко используются в физике, геологии, биологии и др., при решении практич. проблем, в частности для расчетов произ-в хим., металлургич., топливной и других отраслей пром.-сти. Ряд важнейших совр. произ-в (синтез аммиака, метанола и др.) получил пром. осуществление на основе термодинамич. изучения этих процессов.

Лит.: Герасимов Я. И., Крестовников А. Н., Шахов А. С., Химическая термодинамика в цветной металлургии, т. 1–4, М., 1960–66; Кричевский И. Р., Понятия и основы термодинамики, М., 1962; Полторак О. М., Лекции по химической термодинамике, М., 1971; Карапетьянц М. Х., Химическая термодинамика, 3 изд., М., 1975; Термодинамические свойства индивидуальных веществ, отв. ред. В. П. Глушко, 3 изд., т. 1–4, М., 1978–82; Прикладная химическая термодинамика, под ред. Т. Барри, пер. с англ., М., 1988.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, наука о наиб. экономич. и экологически целесообразных методах и средствах хим. переработки сырых природных материалов в продукты потребления и промежуточные продукты.

Историческая справка

Зачатки Х. т. как описательного раздела прикладной химии возникли в 15 в., когда стали появляться мелкие специализир. произ-ва к-т, щелочей и солей, разл. фармацевтич. препаратов и нек-рых орг. в-в. В России собственно хим. произ-вами, получившими развитие в кон. 16 – нач. 17 вв., было изготовление красок, селитры, порохов, а также получение соды и серной к-ты.

Во 2-й пол. 18 в. началось выделение технологии в спец. отрасль знаний, закладывались основы хим. технологии как науки и учебной дисциплины. И. Бекман (1772) и И. Гмелин (1795) в Германии, В. М. Севергин (1801) в России издают первые комплексные труды, освещающие технику многих хим. произ-в, вводят в обращение термин «технология». В 1748 в Бирмингеме (Англия) был построен первый завод по произ-ву серной к-ты в свинцовых камерах. В 1787–91 Н. Леблан разработал первый пром. способ получения соды, необходимой для стеклоного произ-ва, произ-ва едкого натра и др. отраслей пром-сти, а в 1863 Э. Сольве предложил аммиачный метод получения соды.

С сер. 19 в. широко развиваются исследования в области катализа, позволившие осуществить в пром. масштабе мн. хим. процессы. Контактный способ получения серной к-ты был разработан К. Винклером в 1875. Внедрение гетерогенного катализа в орг. синтез знаменовало начало нового периода в истории технологии орг. в-в, сделало возможным, в частности, получение С. В. Лебедевым синтетич. каучука (1928).

Большое значение для решения актуальных задач Х. т. имели теоретич. и эксперим. исследования в области хим. термодинамики. Большинство из них имело четкую технол. направленность. Начало новой эры технологии положили труды А. Ле Шателье, В. Нернста и Ф. Габера, посвященные синтезу аммиака из азота и водорода. Создание в 1913 К. Бошем пром. установок синтеза аммиака под давлением знаменовало собой революцию в развитии хим. пром-сти.

В сер. 19 в. в результате развития работ Ю. Либиха появилась новая отрасль хим. пром-сти – произ-во минеральных удобрений, а работы Н. Н. Зинина в России легли в основу создания анилиноокрасочной пром-сти. Среди отечеств. ученых велика роль Д. И. Менделеева в развитии разл. разделов хим. технологии, включая нефтехимию и нефтепереработку.

Окончательное формирование Х. т. как самостоятельной научной дисциплины, несмотря на глубокие исторические корни, относят к 1-му десятилетию 20 в., когда было разработано учение об основных процессах и аппаратах хим. произ-в. Теоретич. фундамент Х. т. возник при слиянии промышленной, или прикладной, химии с разделом физики, изучающим процессы переноса импульса, теплоты и массы. Плодотворное влияние на развитие Х. т. в последующие годы оказали работы по моделированию гидродинамич., тепловых и диффузионных процессов на основе методов *подобия теорий* и анализа размерностей. Эти работы в значит. мере способствовали решению проблемы *масштабного перехода* от лаб. «пробирки» к пром. агрегатам большой единичной мощности. Новым этапом в развитии Х. т. явилось проникновение в нее в кон. 60-х гг. идей, методов и технических средств кибернетики и, как результат, развитие методов мат. моделирования, *оптимизации* и автоматизированного управления хим.-технол. процессами.

Основные химико-технологические процессы

Лежащий в основе пром. произ-ва хим.-технол. процесс представляет собой совокупность операций, позволяющих получить целевой продукт из исходного сырья. Любое хим. произ-во м. б. представлено в виде трех блоков: подготовки и очистки сырья, хим. превращения, выделения и очистки

целевых продуктов. Эти блоки связаны между собой потоками в-ва и энергии.

Современная Х. т. разрабатывает и изучает совокупность физ. и хим. процессов и оптимальные пути их осуществления и управления ими в пром. произ-ве разл. в-в и материалов.

Классификация. Хим.-технол. процесс в целом – это сложная система, состоящая из единичных, связанных между собой элементов и взаимодействующая с окружающей средой. Элементами этой системы являются 5 групп процессов: 1) механические – измельчение, грохочение, таблетирование, транспортирование твердых материалов, упаковка конечного продукта и др.; 2) гидромеханические – перемещение жидкостей и газов по трубопроводам и аппаратам, пневматич. транспорт, гидравлич. классификация, туманоулавливание, фильтрование, флотация, центрифугирование, осаждение, перемешивание, псевдооживление и др.; скорость этих процессов определяется законами механики и гидродинамики; 3) тепловые – испарение, конденсация, нагревание, охлаждение, выпаривание (см. также *Теплообмен*), скорость к-рых определяется законами теплопередачи; 4) диффузионные или массообменные, связанные с переносом в-ва в разл. агрегатных состояниях из одной фазы в другую, – абсорбция газов, увлажнение газов и паров, адсорбция, дистилляция, ректификация, сушка, кристаллизация (см. также *Кристаллизационные методы разделения смесей*), сублимация, экстрагирование, жидкостная экстракция, ионный обмен, обратный осмос (см. также *Мембранные процессы разделения*), электродиализ и др.; 5) химические. Все эти процессы рассматриваются как единичные или основные.

Единой классификации хим. процессов нет. Их можно классифицировать по разл. признакам: 1) по сырью; 2) по потребительскому или товарному признаку (напр., произ-во удобрений, красителей, лек. препаратов); 3) по группам периодич. системы элементов; 4) по типам хим. р-ций (окислит.-восстановит. процессы, гидрирование, хлорирование, циклизация, аммонолиз и т. п.); 5) по фазам (гомогенные жидкофазные и газофазные процессы, гетерог. процессы в системах жидкость – газ, газ – твердое тело и т. п.). В подобном рода классификациях слово «технология» нередко употребляется в более узком смысле (напр., технология неорг. в-в, аммиака, азотной к-ты, металлов, угля, нефти). В связи с этим Х. т. подразделяется на две части – общую, являющуюся фундаментом этой науки, и специальную, соответствующую отраслям пром-сти с учетом их специфики.

Методы расчета. Количеств. описание процессов Х. т. основано на законах хим. термодинамики, переноса кол-ва движения, теплоты и массы (см. *Макрокинетика*, *Переноса процессы*, *Турбулентная диффузия*) и хим. кинетики. Анализ кинетич. закономерностей единичных процессов, их взаимного влияния позволяет разработать технол. режим, т. е. оптимальную совокупность параметров (т-ра, давление, состав исходной реакционной смеси, природа катализатора), определяющих такие условия работы аппарата или системы аппаратов, к-рые позволяют получить наиб. выход продукта или обеспечить наименьшую его себестоимость. Мат. моделирование, широко используемое при расчетах хим. процессов и оборудования, включает формализацию процесса в виде мат. записи, задание разл. значений режимных параметров системы для отыскания с помощью ЭВМ значения выходных параметров и эксперим. установление адекватности модели изучаемому объекту. Оптимизация работы агрегатов осуществляется по экономич. и энерго-технол. показателям. Если прежде при этом стремились достичь макс. результата по одному параметру, напр. получить макс. выход продукта, то теперь требуется оптимизация, включающая учет таких параметров, как энергетич. и материальные ресурсы, защита окружающей среды, обеспечение заданного качества продуктов, безопасность процессов, продуктов и отходов произ-ва.

Аппаратура. Материальной основой хим.-технол. процессов являются машины и аппараты хим. произ-ва. Единичные процессы протекают в разл. аппаратах – хим. реакторах, абсорбционных и ректификационных колоннах, теплообменниках. Номенклатура хим. оборудования исключительно раз-

нообразна. Так, одна лишь установка для произ-ва этилена и пропилена содержит до 40 разл. колонн, 250 теплообменников, 50 емкостных аппаратов, печи пиролиза, компрессорные установки, большое кол-во насосов, арматуры, разл. коммуникаций, контрольно-измерит. приборов и ср-в автоматизации, связанных в единую технол. линию (схему) процесса. Разработка и построение рациональной технол. схемы – важные задачи Х.т.

Химические производства

Х.т. – научная база хим., микробиол., целлюлозно-бумажной, нефтехим. отраслей пром-сти, металлургии, процессов и произ-ва топливно-энергетич. комплекса.

Химизация. Одним из показателей научно-техн. прогресса является рост доли хим. продукции в общем объеме пром. произ-ва. Цель химизации – интенсификация и повышение эффективности пром. и с.-х. произ-в, улучшение условий труда и повышение уровня мед. и бытового обслуживания населения. Химизация обеспечивает совершенствование структуры сырьевого баланса, обусловленное ростом потребления прогрессивных хим. материалов и экономией природных ресурсов, снижение затрат на произ-во и эксплуатацию изделий по сравнению с полученными из природных материалов, совершенствование топливно-энергетич. базы на основе комплексной переработки нефти, природного газа, угля и сланцев.

Стратегич. направления развития перерабатывающих отраслей пром-сти, основанных на методах Х.т., включают в первую очередь оптимальное использование сырья и энергетич. ресурсов, обеспечение безопасности хим. процессов и продуктов, защиту окружающей среды.

Сырьевые ресурсы. Хим. пром-сть перерабатывает огромные массы сырья, расходует большие кол-ва воды, топлива и энергии. Во мн. хим. произ-вах расходные коэф. сырья достигают 3–4 т на 1 т продукта, а в нек-рых случаях превосходят 5–6 т. Очевидно, что разработка методов эффективного использования сырья и энергии в технол. процессах – одна из важнейших проблем Х.т.

В произ-вах хим. продуктов различают исходные в-ва (сырье), промежут. продукты (полупродукты), к-рые в свою очередь служат сырьем для получения мн. других в-в, и готовые продукты. Сырье хим. пром-сти классифицируют по происхождению (минеральное, растительное и животное); по запасам – невозобновляемое (руды, минералы, горючие ископаемые) и возобновляемое (вода, воздух, растительное и животное сырье); по хим. составу – неорг. (руды, минералы) и орг. (нефть, уголь, природный газ); по агрегатному состоянию – твердое (руды, минералы, уголь, сланцы, торф), жидкое (вода, рассолы, нефть) и газообразное (воздух, природные горючие газы).

В 1900–80 из недр Земли было извлечено полезных ископаемых во много раз больше, чем за всю предыдущую историю цивилизации. На 20 в. приходится 85% добычи меди, 87% железной руды, 90% угля, 99,5% нефти. Общее кол-во добываемой и перерабатываемой горной массы измеряется многими миллиардами тонн. В то же время в конечном продукте пока еще утилизируется лишь ок. 10% массы используемых природных ресурсов, а остальные 90% теряются. Вследствие постепенного истощения невозобновляемых естественных источников минерального сырья Х.т. должна решать проблемы перехода на сырье с пониженным содержанием полезных компонентов. Так, в произ-ве фосфорных удобрений для получения 1 т P_2O_5 нужно было в 1970 переработать 26,7 т горнорудного сырья, а в 1985 – 41,6 т.

Существенным источником хим. сырья являются вторичные материальные ресурсы, к к-рым относят отходы произ-ва, т.е. остатки сырья, материалов и полупродуктов, образующиеся в процессе произ-ва и не соответствующие стандартам, отходы потребления, состоящие из бывших в употреблении изделий и в-в, восстановление к-рых экономически нецелесообразно, и побочные продукты, образующиеся наряду с основными продуктами произ-ва. К числу крупнотоннажных отходов произ-ва и потребления относятся фосфогипс, пи-

ритные огарки, шлаки черной металлургии, зола и шлаки тепловых электростанций, лигнин, макулатура, стеклобой, яблочные выжимки и др. Используя вторичные сырьевые ресурсы, хим. пром-сть выступает не только как потребитель природных ресурсов, но и как отрасль, сберегающая природное сырье. В промышленно развитых странах повторное использование стали составляет 70%, меди – 55, алюминия – 45, олова – 45, цинка – 21%. При этом энергоемкость произ-ва алюминия из вторичного сырья в 20 раз, а стали в 10 раз ниже, чем энергоемкость их произ-ва из первичного сырья. Капитальные вложения при переработке вторичного сырья примерно в 4 раза меньше, чем при переработке первичного.

Один из важных путей рационального использования сырьевых ресурсов – их комплексная переработка, включающая утилизацию побочных продуктов и отходов произ-ва и потребления и превращение их в полезные продукты, а также совмещение неск. произ-в внутри одного предприятия. Напр., произ-во аммиака часто совмещают с получением карбамида, чтобы утилизировать диоксид углерода, образующийся наряду с водородом при конверсии природного горючего газа. При комплексной переработке апатит-нефелиновых руд помимо фосфатного сырья можно получить глинозем, фториды, портландцемент, диоксид титана, сеод. РЗЭ.

Топливо-энергетическая база. Хим. пром-сть – один из крупнейших потребителей топлива и электроэнергии. Поэтому в совр. Х.т. принципиальное значение имеет создание энерготехнол. процессов и систем, в к-рых используется энергия, полученная за счет теплоты хим. р-ций. Интеграция энергетич. и хим.-технол. процессов в единую энерготехнол. систему позволяет интенсифицировать все основные процессы, значительно повысить коэф. использования теплоты, выделяемой топливом, и с макс. эффективностью утилизировать орг. и минеральную (зольную) составляющие топлива. Наиб. эффективными энерготехнол. системами являются крупнотоннажные произ-ва аммиака, слабой азотной к-ты и карбамида. Так, в результате создания энерготехнол. процесса в произ-ве аммиака уд. расход электроэнергии снизился почти в 8 раз – с 6840 до 900 МДж/кг. Энерготехнол. переработка твердых топлив, атомные энерготехнол. установки для получения водорода, оксида углерода, синтетич. жидкого топлива и др. видов углеводородного сырья приобретают возрастающее значение.

Развитие совр. хим. пром-сти протекает в условиях неуклонно растущего дефицита энергетич. и сырьевых ресурсов. Проявляется вынужденная ориентация на сырье более низкосортное: обедненные руды вместо прежде использовавшихся богатых, уголь, сланцы, природный газ вместо идеального сырья для произ-ва углеводородов, каким является нефть. Низкосортное сырье при его переработке требует повышенного расхода энергии и приводит к образованию дополнит. газовых выбросов, жидких стоков и твердых отходов.

Глобальные проблемы энергетич. и сырьевых ресурсов и охраны окружающей среды оказываются взаимосвязанными и требуют от Х.т. для своего решения разработки и использования циклических процессов, к-рые не имеют отходов. Такие процессы наблюдаются в природе, поэтому она и существует на Земле миллионы лет без истощения сырья. Кол-во отходов произ-ва характеризует степень совершенства хим.-технол. процесса (см. *Безотходные производства*).

Рациональное размещение крупных хим. предприятий в к.-л. регионе определяется наличием сырьевой и топливно-энергетич. базы, развитостью инфраструктуры. При их создании, особенно в случае вредных и опасных произ-в, необходимо принимать во внимание социальный фактор (см., напр., *Химическое оружие*).

Охрана природы и безопасность химических производств. Рациональная организация экологически чистых хим. произ-в требует включения в сферу Х.т. множества исследований, областей, связанных с охраной окружающей среды, безопасностью процессов и умением справиться с опасными отходами произ-ва. Хотя энергетика и транспорт оказывают более мощное техногенное влияние на окружающую среду,

чем собственно хим. произ-ва, методы Х. т. остаются ведущими при разработке средств охраны природы, технол. процессов, устойчивых к изменениям исходного состава сырья и позволяющих минимизировать содержание токсичных промежуточных соед. и продуктов, обеспечивающих надежную (см. *Надежность*) и безопасную работу пром. объектов.

Экологич. проблемы, возникающие в связи с произ-вом и потреблением хим. продуктов, привлекают значительное внимание ученых, инженеров-практиков и всего населения, для их решения выделяются значительные средства (см. *Водоподготовка, Газов очистка, Каплеулавливание, Охрана природы, Пылеулавливание, Туманоулавливание*).

Проблемы пром. безопасности, хотя и связаны с экологией, имеют большое самостоятельное значение. Актуальность проблем постоянно возрастает с нач. 50-х гг. из-за развития крупномасштабных хим. произ-в. Основу хим. пром-сти составляют непрерывные произ-ва, мощность к-рых не имеет, по существу, естественных ограничений. Постоянный рост производительности обусловлен значительными экономич. преимуществами крупных установок.

Как следствие, возрастает содержание опасных в-в (аммиака, хлора, оксида углерода, фосфорорг. соед.) в технол. аппаратах, что сопровождается возникновением опасностей катастрофич. пожаров, токсичных выбросов и других разрушительных явлений, способных поражать население и окружающую среду.

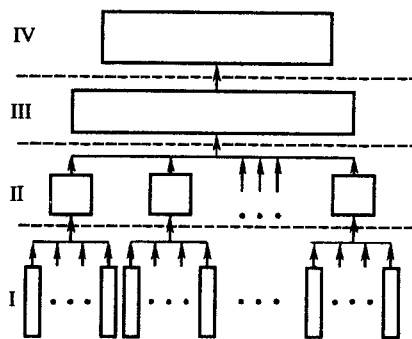
Контроль, регламентирование и снижение пром. опасностей можно успешно осуществлять лишь при использовании стратегич. подхода к вопросам пром. безопасности. Еще на стадии разработки технол. процесса необходимо проанализировать опасности, к-рые этот процесс несет с собой.

Одной из составляющих стратегич. подхода является принцип использования неопасных в-в, где это возможно. В случае, если это невозможно, установка должна быть спроектирована так, чтобы содержать миним. кол-во опасных в-в. Площадку предприятия следует выбирать так, чтобы места скопления людей были отдалены от мест проведения технол. процесса.

Применение стратегич. подхода к обеспечению безопасности произ-ва необходимо не только для предотвращения аварий, но и для уменьшения последствий от них. В то же время известно, что функционирующие предприятия строили без учета совр. требований к безопасности и на них, в противоположность стратегич. подходу, используется метод «навешивания» средств обеспечения безопасности на готовое предприятие. Очевидно, что следующее поколение хим. предприятий должно с самого начала проектироваться и строиться с учетом того, что соблюдение требований по безопасности произ-ва является очень важной стороной дела (см. также *Охрана труда, Пожарная опасность*).

Проектирование, управление и контроль химико-технол. систем (ХТС) и произ-в. Совр. хим. предприятие – это сложная химико-технол. система, состоящая из большого числа аппаратов и связей (потоков) между ними. Признание факта взаимного влияния агрегатов, составляющих ХТС, привело к необходимости рассматривать технол. процесс при его проектировании на основе системного подхода, когда хим. предприятие м. б. представлено в виде многоуровневой иерархич. структуры, показанной на рисунке.

Первую, низшую, ступень иерархии составляют основные химико-технол. процессы, а также локальные системы автоматич. регулирования (САР) и управления ими. Вторая ступень иерархии – агрегаты и комплексы, представляющие взаимосвязанную совокупность типовых технол. процессов и аппаратов, осуществляющих определенную операцию. Чаще всего это цехи или их отдельные участки. На этой ступени используются автоматизир. системы управления (АСУ) для решения задачи оптим. координации работы аппаратов и оптим. распределения технол. потоков между ними (АСУТП). Третья ступень иерархии включает хим. произ-ва, состоящие из неск. цехов, где получают целевые продукты, а также АСУ технол. и организационного функционирования произ-ва.



Иерархическая структура химического производства. I – Типовые химико-технологические процессы и САР. II – Технологические цехи, участки и АСУ технологическими процессами. III – Совокупность цехов по производству целевого продукта и АСУ цехами. IV – Химическое предприятие (завод) и АСУП.

Четвертая ступень – хим. предприятие в целом и автоматизир. система управления предприятием (АСУП). См. также *Автоматизированное управление*.

Основные этапы создания ХТС таковы. Первый уровень заканчивается составлением мат. моделей элементов подсистем ХТС. Далее переходят к решению задач анализа, синтеза и оптимизации ХТС. Анализ состоит в изучении св-в и эффективности функционирования ХТС на основе ее мат. модели. Св-ва системы зависят как от параметров и характеристик состояния элементов (подсистем), так и от структуры технол. связей между элементами. Естественно, что полная модель м. б. рассчитана лишь после того, как синтезирована ХТС, т. е. анализ не может производиться в отрыве от синтеза. Задача синтеза заключается в создании ХТС, работающей с высокой эффективностью. Для этого необходимо прежде всего выбрать оптим. технол. топологию системы, к-рая определяет характер и порядок соединения отдельных аппаратов в технол. схеме. Очевидно, что с синтезом ХТС тесно связана задача оптимизации, к-рая сводится к нахождению экстремального значения выбранного критерия эффективности (как правило, экономического) функционирования системы. Из определения задач анализа, синтеза и оптимизации ХТС видно, что все эти этапы органически связаны друг с другом.

Усиливаются тенденции заменять обычные методы проектирования агрегатов и установок оптимальным проектированием. В этом случае выбор окончательного варианта производится по специально разработанной стратегии математически обоснованными методами перебора многих сотен вариантов конструктивных схем и режимов агрегатов и установок (см. также *Автоматизированное проектирование*).

Развитие совр. ср-в автоматизир. проектирования и управления химико-технол. процессами, появления технол. оборудования «гибкими» (перенастраиваемыми) материальными и энергетич. связями и систем пром. роботов привели к возрождению на качественно новом уровне периодич. процессов хим. технологии (см. *Непрерывные и периодические процессы*). Этот способ организации технол. процессов весьма выгоден для малотоннажных многоассортиментных произ-в (лаков, красок, инсектицидов, присадок к маслам, особо чистых в-в и реактивов, лек. препаратов и др.). Увеличение объема произ-ва таких продуктов осуществляется путем создания гибких производств. систем (ГПС) с автоматизир. участками, способных синтезировать широкую номенклатуру хим. продуктов (см. *Гибкие производства*). Предприятие с ГПС представляет собой набор блоков – смесителей, реакторов, холодильников, емкостей, дозаторов, насосов и т. д., к-рые м. б. переключены в любой последовательности в зависимости от особенностей осуществляемого процесса. Такой блочно-модульный принцип организации произ-ва позволяет унифицировать оборудование.

Тенденции развития Х. т.

За последние 20 лет Х. т. претерпела колоссальные изменения в научном и прикладном отношении. В совр. условиях массовые продукты основной химии уступают место продуктам тонкого хим. синтеза, все чаще условия процессов и качество продуктов определяют св-ва поверхности раздела фаз, отдельных частиц, а не объема. От макроструктуры в-в переходят к управлению микроструктурой; неструктурированная среда вытесняется структурированной (мицелла, кластер); энергию вводят направленно с помощью лазера с заданной частотой излучения, в виде плазмы, электрич. поля; вместо нормального состояния фаз используют суперкритич. флюиды, жидкие кристаллы. Появились новые области Х. т.: биотехнология, генная инженерия, «конструирование» материалов на мол. уровне (нанотехнология).

Ядро методологии Х. т. составляет определенное число «исторических моделей», основанных на использовании принятых концепций: основных процессов Х. т., ступеней разделения, аналогий между переносом массы, теплоты и кол-ва движения и др.

Среди новых областей теории, находящихся практич. применение в Х. т., отметим использование нелинейной динамики для описания хим. взаимод. и процессов переноса. В ряде случаев флуктуации в конечном итоге могут приводить к процессу самоорганизации и возникновению диссипативных структур. Понимание и активное применение закономерностей самоорганизации имеют принципиальное значение, поскольку открывают перспективу целенаправленного построения технол. процессов, основанных на принципах саморегулирования.

Практич. значение самоорганизации на межфазной границе (эффект Марангони; см. *Массообмен*) связано с возможностью существенно улучшить ряд важных процессов Х. т.: абсорбционная и хемосорбционная очистка газов, жидкостная экстракция, ректификация.

Концепция хаоса также вовлекается в арсенал совр. методов Х. т., поскольку условия возникновения хаотич. поведения – многомерность полей физ. величин, пульсационные явления, налагающиеся эффекты – часто встречаются в хим.-технол. системах. Так, модели массопередачи, как правило, имеют стохастико-детерминированный характер.

Энергетич. проблемы в Х. т. наиб. остро стоят в связи с процессами сушки и разделения смесей. Здесь наметились два направления – энергетич. оптимизация существующих процессов и разработка новых с низкой энергоемкостью. Так, для наиб. энергоемкого крупнотоннажного процесса разделения – ректификации – в качестве критерия оптимизации м. б. использовано произ-во энтропии. Наименьшее возрастание энтропии достигается в случае, когда произ-во ее однородно распределено по высоте колонны. Такой подход позволяет сформулировать новый принцип конструирования колонной аппаратуры (см. также *Эксергетический анализ*).

Другой путь сводится к разработке новых процессов с пониженной энергоемкостью, среди к-рых наиб. перспективны: 1) селективная адсорбция газов при переменном давлении; 2) суперкритич. флюидная экстракция, основанная на св-вах сжатого сверхкритич. газа (диоксид углерода, этан, этилен и др.) изменять растворяющую способность при изменении плотности; 3) кристаллизация из расплавов – весьма эффективный путь разделения и очистки орг. соед., имеющих т-ры плавления между -50 и 200 °С, при существенно меньших, чем в случае ректификации, энергозатратах, при высокой эффективности и наиб. глубине очистки по сравнению с др. процессами разделения; 4) мембранные процессы разделения.

Комбинирование термодинамич. потоков и сил (см. *Термодинамика необратимых процессов*) и соединение в одном аппарате разл. процессов – интенсивно развивающееся новое направление Х. т. Так, напр., почти все заводы, выпускающие одну из сравнительно экологически чистых добавок, повышающих октановое число бензинов, метил-трет-бутиловый эфир, используют хим. р-цию, совмещенную в одном аппарате

с ректификацией. Перспективными являются также керамич. мембранные реакторы, в к-рых за счет диффузионного торможения скорости доставки реагентов в зону р-ции и отвода продуктов удается непрерывно проводить р-ции, обычно протекающие со взрывом.

Еще один тип новых концепций в Х. т. связан со структурой и организацией конденсир. фазы. Св-ва таких материалов, как полимеры, керамика, композиты, зависят от тщательно сконструированных структур на мол. и микроскопич. уровнях, необходимых, чтобы получить при использовании требуемую специфич. характеристику, напр. микропористая структура активного слоя керамич. мембраны, нанесенного на макропористую подложку. Процессы Х. т., применяемые при произ-ве этих микроструктур. материалов, являются решающими, во многих случаях более важными, чем состав. Будут объединяться также процессы синтеза и обработки материалов. Механич. методы, напр. клепка металлов, не м. б. надежно применены к композиционным материалам будущего. На передний план выдвинутся хим. методы, напр. адгезионное или мол. соединение частей. Создание новой информационной техники стало возможным благодаря появлению материалов и устройств, структуру и св-ва к-рых контролируют с исключительной точностью в результате применения в производств. процессах хим. р-ций. Успехи в микроэлектронике, фотогальванике, оптич. передаче информации, создании магн. накопителей для записи, накопления и обработки информации определяются последними достижениями Х. т. в области сверхтонкой очистки материалов от примесей, моделирования и расчета хим. реакторов, в к-рых изготавливаются соответствующие устройства. В произ-ве совр. материалов и новых в-в вклад Х. т. как науки состоит в изучении связи процесс – структура – свойство и управлении этой связью.

Х. т. относится к числу наук, обладающих огромным потенциалом для улучшения условий жизни людей на Земле. Новые технол. процессы и приемы произ-ва, новые источники энергии, энергозамкнутые и замкнутые по материальным потокам циклы хим. произ-в, экономически сбалансированные, с отсутствием вредных выбросов в окружающую среду, созданные на научной базе Х. т., – мощнейший фактор повышения экономич. потенциала общества и его благосостояния.

Лит.: Менделеев Д. И., К познанию России. Соч., Л. – М., 1952; Франк-Каменецкий Д. А., Диффузия и теплопередача в химической кинетике, М., 1967; Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е., Явления переноса, пер. с англ., М., 1974; Кафаров В. В., Основы массопередачи, 3 изд., М., 1979; его же, Методы кибернетики в химии и химической технологии, 4 изд., М., 1985; Шервуд Т., Пинфорд Р., Уилки Ч., Массопередача, пер. с англ., М., 1982; Маршалл В., Основные опасности химических производств, пер. с англ., М., 1989; Кутепов А. М., Бондарева Т. И., Беренгартен М. Г., Общая химическая технология, М., 1990; Справочник инженера-химика, пер. с англ., 6 изд., под ред. Р. Перри, кн. 1–4, М., 1991; Дытнерский Ю. И., Процессы и аппараты химической технологии, ч. 1–2, М., 1992; Технология основного органического синтеза. Совмещенные процессы, М., 1993; Danckwerts P. V., Insights into chemical engineering, Oxf., 1981; Astarita G., Savage D. W., Bisio A., Gas treating with chemical solvents, N.Y., 1982; Doraiswamy L. K., Sharma M. M., Heterogeneous reactions: analysis, experiments and reactor design, v. 1–2, N.Y., 1984; Froment G. F., Bischoff K. B., Chemical reactor analysis and design, 2 ed., N.Y., 1990.

Н. Н. Кулов, А. М. Кутепов.

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, наука о физ. законах, управляющих строением и превращениями хим. в-в. Рождение Х. ф. как самостоятел. науки обусловлено появлением в нач. 20 в. *квантовой механики*, законы к-рой стали базой теории *химической связи, межмолекулярных взаимодействий и реакционной способности* молекул. Термин «Х. ф.» ввел А. Эйкен в 1930, озаглавив изданное им ранее руководство по физ. химии как «Учебник химической физики».

Крупный вклад в становление и развитие Х. ф. внесли Н. Н. Семенов, создавший в 1920–30-х гг. одновременно с С. Хиншелвудом теорию цепных р-ций; Г. Эйринг, М. Поляни и М. Эванс, разработавшие (1935) теорию абсолютных скоростей р-ций; Л. Полинг, Дж. Слейтер, Р. Малликен, Дж. Леннар-Джонс и Ф. Хунд, развившие в нач. 30-х гг. методы квантовой химии.

В совр. Х. ф. выделяют два главных направления: определение электронной и атомно-молекулярной структуры хим. частиц и образованных ими в-в и исследования, связанные с

решением проблем хим. динамики, т. е. изменений во времени энергетич. и структурных характеристик хим. частиц.

Структурная Х. ф. В ряду понятий структура – свойство – функция структура является фундам. понятием, поскольку по структуре хим. частиц можно прогнозировать св-ва в-ва, оценивать потенциал его практич. полезности и применимости.

Остро стоит обратная задача – создание хим. в-в с заданной атомно-молекулярной структурой для обеспечения требуемых св-в и выполнения заданных ф-ций. Это относится к созданию лекарств целевого назначения, конструированию полупроводниковых материалов с известной проводимостью, сплавов с высокой коррозионной стойкостью, керамич. материалов с усиленной прочностью, катализаторов с высокой активностью и селективностью и т. п.

Х. ф. решает структурные задачи на трех уровнях: 1) изолированные частицы (атомы, ионы, молекулы); 2) малые коллективные частицы (ван-дер-ваальсовы молекулы, мол. комплексы, кластеры); 3) большие коллективные частицы (жидкости, стекла, кристаллы, мол. слои и пленки, мол.-организованные ансамбли).

Значит. место в совр. Х. ф. занимает изучение структурных и спектральных характеристик высоковозбужденных частиц, что обусловлено, во-первых, разработкой новых лазерных систем и выбором частиц-эмиттеров, подходящих для генерации излучения; во-вторых, созданием аналит. методов идентификации возбужденных частиц, образованных в плазме, ударных волнах, при горении, в космосе и т. д.; в-третьих, необходимости знания св-в возбужденных состояний и пов-стей их потенциальной энергии для предсказания механизма р-ций и расчета динамики элементарного акта хим. р-ции (см. ниже).

Исследование структуры малых коллективов частиц позволяет понять, как св-ва индивидуальных частиц переходят в св-ва образованных из них тел (проблема эволюции хим. «количества» в хим. «качество»). Особенно наглядно можно это проследить при изучении кластеров – групп близко расположенных, тесно связанных друг с другом атомов, молекул, ионов, иногда ультрадисперсных частиц.

Структурная Х. ф. непосредственно связана с материаловедением; она разрабатывает принципы управления структурой в-ва с целью создания новых материалов с прогнозируемым функциональным назначением.

Химическая динамика – приоритетное направление в Х. ф. Выделяют 4 группы проблем, к-рые составляют условно мол. динамику, энергетич. динамику, динамику элементарного акта хим. р-ции и спиновую динамику.

Молекулярная динамика рассматривает временную модуляцию потенциалов межмол. взаимодей., что определяет шум энергетич. возмущений в мол. системе, процессы обмена и релаксации энергии межмол. взаимодействий. Благодаря движению молекулы входят в контакт и взаимно ориентируются, образуют мол. ансамбли. Мол. динамика позволяет объяснить мех. прочность в-в, упругость и пластичность (см. *Реология*), электр. проводимость и диэлектрич. потери (см. *Диэлектрики*), магн. восприимчивость.

Для изучения мол. динамики используют физ. явления: рэлеевское и комбинационное рассеяние света (см. *Комбинационного рассеяния спектроскопия*), акустич. и магн. релаксацию (см. *Акустическая спектроскопия*), радиоспектроскопию, аннигиляцию позитрона (см. *Мезонная химия*), рассеяние нейтронов (см. *Нейтроннография*). Разработаны спец. методы: пикосекундная и фемтосекундная оптич. спектроскопия, включая лазерную динамич. голографию с временами разрешения до 10^{-11} – 10^{-13} с (см. *Лазерная спектроскопия*), а также методы мат. моделирования (см. *Молекулярная динамика*, *Молекулярная механика*).

Под энергетич. динамикой понимают круг проблем, обусловленных селективным заселением возбужденных электронных, колебат. и вращат. состояний молекул, внутри- и межмол. обменом энергией, релаксацией внутр. энергии в кинетич. энергию поступат. движения молекул и в энергию мол. окружения. Эти проблемы исследуются в определенной логич. последовательности: сначала в газах и на границе

раздела газ – твердое тело, где можно выделить индивидуальные контакты частиц и идентифицировать физ. взаимод., ответственные за перенос энергии; затем для ван-дер-ваальсовых молекул, мол. комплексов и кластеров, где имеют место многочастичные взаимод., наконец, для коллективных возбуждений в жидкостях и твердых телах. Изучение энергетич. динамики преследует в осн. две цели: 1) создание теоретич. основ селективной химии, обеспечивающей направленное хим. превращение (плазмохим. активация, лазерная «хирургия» молекул, энергетич. стимуляция реакц. способности и др., см., напр., *Плазмохимия*, *Лазерная химия*); 2) поиск путей запасаения энергии на внутр. степенях свободы молекул и на определенных хим. связях с целью создания новых хим. лазеров (в т.ч. с солнечной накачкой) и энергоемких в-в.

Динамика элементарного акта хим. р-ции – центр. часть Х. ф. Здесь рассматривают принципиальные проблемы: какие р-ции могут происходить, а какие запрещены, как рассчитать скорость р-ции, как управлять хим. р-циями, влияя на их скорость и направление. Исходным этапом решения этих проблем является расчет *поверхности потенциальной энергии* (ППЭ) (в частности, *координаты реакции*) и траекторий движения частиц по ППЭ из состояния «исходные в-ва» в состояние «продукты». ППЭ можно рассчитывать методами квантовой химии (см. *Неэмпирические методы*, *Полуэмпирические методы*); расчет траекторий движения производится по ур-ниям классич. механики (метод классич. траекторий) или с учетом квантовых состояний частиц (метод квазиклассич. траекторий). Развиваются строгие методы, основанные полностью на квантовых представлениях. Разрабатывается также статистич. теория хим. р-ций, к-рая не требует для расчета скорости р-ции знания траекторий и динамики движения по ППЭ; достаточно лишь знание энергетич. спектра всех частиц, движущихся по ППЭ.

Хим. кинетика как наука о скоростях и механизмах процессов является составной частью Х. ф. Ее совр. уровень определяется применением новых физ. методов, позволяющих надежно идентифицировать промежут. активные частицы и измерять скорости их превращения с высоким временным разрешением, до десятков фемтосекунд. Хим. кинетика – пл. средство установления механизмов хим. и биохим. процессов (от горения в двигателях до ферментативного окисления). Знание хим. механизмов – важнейший элемент на пути к высокоселективным, энергосберегающим и экологически чистым хим. технологиям.

Спиновая динамика изучает временное поведение спинов электронов и ядер, динамику изменения спиновой мультиплетности реагентов и продуктов и влияние магн. возмущений на спиновые запреты в хим. р-циях (см. *Магнитно-спиновые эффекты*). Эти эффекты интенсивно изучаются и столь перспективны, что данное направление Х. ф. зачастую рассматривается как самостоятельное и наз. спиновая химия.

Лит.: Бучаченко А. Л., «Успехи химии», 1987, т. 56, в. 10, с. 1593–1638; Levine R. D., Bernstein R. B., *Molecular reaction dynamics and chemical reactivity*, Oxf., 1987.

А. Л. Бучаченко.

ХИМИЧЕСКИ СТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ, характеризуются высокой стойкостью к действию химически активных сред (к-т, щелочей, окислителей и др.).

Хим. стойкость материалов определяется их составом, структурой, пористостью, а также условиями эксплуатации (концентрация агрессивного реагента, т-ра и продолжительность воздействия среды). Стойкость материалов в определенной среде оценивают по отношению (в %) массы материала, обработанного агрессивным реагентом, к его массе до обработки. Кроме того, в зависимости от функц. назначения Х. с. м. оценивают изменение его рабочих характеристик применительно к конкретным условиям эксплуатации.

Х. с. м. делят на металлические и неметаллические; о первых см. *Коррозионностойкие материалы*. Среди неметаллич. Х. с. м. различают неорг., орг. и композиционные. Осн. неорганические Х. с. м. – *кислотоупорные природные материалы*, силикатные материалы (стекло, ситаллы, керамика, эмали), а также нитриды, бориды и силициды переходных металлов IV–VI групп. Материалы, в состав к-рых входят

нерастворимые кислотные оксиды, как правило, стойки к действию к-т (кислотостойки), напр. алюмосиликаты не взаимод. со всеми минер. к-тами за исключением фтористоводородной; материалы, содержащие основные оксиды, напр. цементы, известняки, магнезиты, асбест, стойки к щелочам (щелочестойки).

Органические Х.с.м. подразделяют на природные (дерево, битумы, асфальты) и синтетические (пластмассы, смолы, НК, СК, резины и др.). Такие Х.с.м. разрушаются гл. обр. под действием орг. р-рителей или сильных окислителей, а также под действием света. Наиб. хим. стойкостью в сочетании с высокой теплостойкостью обладают фторсодержащие полимеры (фторопласты, фторкаучуки).

Композиционные Х.с.м., напр. герметики, графитопласты, стеклопластики, углепластики, содержат наполнители из неорг. Х.с.м. и связующие (матрицы) из орг. Х.с.м. Они обладают высокой мех. прочностью и теплостойкостью, низкой теплопроводностью, высокими электроизоляц. св-вами.

Применяют Х.с.м. во мн. отраслях пром-сти в качестве конструкц. (стеклопластики, стекло, керамика и др.), футеровочных (керамич. плиток, кислотоупорные кирпичи, силикатные блоки), защитных (пластикат, полиамиды, полиэтилен, ПВХ), герметизирующих (мягкая резина, герметики), вяжущих (кислотоупорный цемент, портландцемент) и лакокрасочных материалов.

Лит.: Шевченко А.А., Власов П.В., Слоистые пластики в химических аппаратах и трубопроводах, М., 1971; Защита химического оборудования неметаллическими покрытиями, М., 1989. А.А. Шевченко.

ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА, см. Волокна химические.

ХИМИЧЕСКИЕ ЖУРНАЛЫ. Науч. журналы, появившиеся в мире в сер. 17 в., носили, как правило, универсальный характер, охватывая, напр., всю область естеств. наук. Подобные журналы есть и сейчас: «Доклады Российской академии наук», английский «Nature», немецкий «Naturwissenschaften» и др. Сообщения на хим. темы печатались в журналах, издаваемых науч. об-вами (Лондонским королевским об-вом, с 1665) или академиями наук (Парижской, с 1666; Берлинской, с 1710; Шведской, с 1739).

В России науч. периодич. литература появилась в нач. 18 в., когда стали выпускать на латинском языке «Комментарии Петербургской академии наук» (1728–51). Впоследствии статьи по химии публиковались в «Технологическом журнале» (1804–26), «Новом магазине естественной истории, физики, химии и сведений экономических» (1820–30), «Горном журнале или собрании сведений по наукам, к сему предмету относящимся» (с 1825). Популярным среди химиков был «Химический журнал Н.Н. Соколова и А.Н. Энгельгардта» (1859–60), в к-ром рус. химики освещали разнообразные вопросы неорг. и орг. химии, а также уделяли внимание изучению прир. богатств страны. Центр. печатным хим. органом в России на протяжении полувека (с 1869) служил «Журнал Русского физико-химического общества».

Первый чисто Х.ж. основан Л. фон Крелем в Германии («Chemisches Journal für Freunde der Naturlehre, Arzneigehelrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen» – «Химический журнал Креля», с 1778). Среди др. немецких журналов достойны упоминания созданный Ю. Либихом (1832) «Annalen der Chemie und Pharmacie», «Journal für praktische Chemie», а также издаваемый со времени основания Немецкого хим. об-ва (1868) «Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft» (с 1949 – «Chemische Berichte»). Во Франции наиб. известность приобрел журнал «Annales de chimie», к-рый и является старейшим из ныне существующих в этой стране Х.ж.; Французской академией наук выпускается еженедельный журнал «Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences» («Доклады научных заседаний Академии наук»). Со 2-й пол. 19 в. ведущая роль среди Х.ж. Великобритании принадлежит журналу Лондонского королевского хим. об-ва «Journal of the Chemical Society». Х.ж. ряда др. европейских стран (Австрия, Бельгия, Нидерланды, Швейцария), а также США в 19 в. в большинстве своем являлись изданиями разл. об-в, академий и корпораций ученых.

К кон. 19 в. сначала в Германии, а затем в др. странах началось разделение общехим. журналов по отдельным областям. Так, начали выходить: в 1862 – журнал «Zeitschrift für analytische Chemie»; в 1887 – «Zeitschrift für physikalische Chemie», «Zeitschrift für angewandte Chemie» и т.д. В СССР в кон. 20-х – 30-х гг. 20 в. появился ряд узкопрофильных журналов: «Журнал прикладной химии», «Журнал физической химии», «Журнал общей химии» (с 1931, преемник «Журнала Русского физико-химического общества») и др. Примерно в то же время происходило разделение журналов в Великобритании и США, возникли «Journal of Chemical Physics» и «Journal of Organic Chemistry» (оба США). С 1966 стали выходить отдельные выпуски «Journal of the Chemical Society»: А – неорг. физ. и теоретич. химия; В – физ. орг. химия; С – орг. химия и др.; с 1972 эти выпуски получили назв. по именам известных ученых – Дальтона, Перкина, Фарадее. Одновременно произошло и дальнейшее дробление: напр., орг. и биоорг. химии был отведен раздел «Journal of Chemical Society, Perkin Transaction I», физ. орг. химии – «Journal of the Chemical Society, Perkin Transaction II». В 60-х гг. появились журналы по отдельным классам соед.: «Journal of Heterocyclic Chemistry» (Швейцария); «Journal of Organometallic Chemistry» (Швейцария) и др.

В кон. 20 в. дальнейшая специализация журналов усилилась: выпускаются журналы, посвященные химии фосфора, серы и фтора, а также отдельным методам анализа (масс-спектрометрии, ЯМР и др.). В соответствии с «World List of Scientific Periodicals» (4 ed., Wash., 1963–70) существует ок. 24 тыс. журналов, среди к-рых примерно 700 – химические.

Кроме первичных науч. журналов выпускаются также реферативные журналы (РЖ), содержание к-рых представляет собой краткое изложение (рефераты, аннотации) оригинальных науч. исследований. Химики раньше представителей др. наук осознали важность и необходимость реферирования: первый РЖ по химии – «Chemisches Zentralblatt» – появился в 1830 в Германии (просуществовал до 1970). РЖ выполняют многообразные ф-ции, основными из к-рых являются текущее оповещение о новых работах (сигнальная информация), ретроспективный поиск, упорядочение терминологии, классификации, номенклатуры соед. и др.

Все большее значение в РЖ приобретает преобразование информации. Это связано с созданием эффективных и надежных информационно-поисковых систем, важнейшим условием функционирования к-рых является ввод в них информации, прошедшей стадию реферирования.

В мировой периодич. литературе существуют два крупнейших РЖ по химии: «Chemical Abstracts» (СА; США, с 1907) и РЖ «Химия» (СССР, с 1953). Имеется также ряд РЖ по отдельным областям химии: в ФРГ – «Chemischer Informationsdienst», посвященный преим. химии орг. соединений; в Великобритании – «Analytical Abstracts», «Organometallic Compounds», «Biochemistry Abstracts», «Atomic Absorption and Flame Emission Spectroscopy Abstracts», «Gas Chromatography – Mass Spectrometry Abstracts», «Theoretical Chemical Engineering Abstracts»; в США (Филадельфия, Ин-т науч. информации) – «Current Abstracts of Chemistry and Index Chemicus», «Current Chemical Reactions» и др.; в этом же ин-те выходит в неск. сериях журнал «Current Contents», содержащий переведенные на англ. язык оглавления свежих номеров журналов. Аналогичное издание «Chemical Titles» выпускает «Chemical Abstracts Service».

До появления РЖ в химии большое значение имели и имеют сейчас обзорные Х.ж., дающие представление о развитии разл. областей науки за определенный период времени. Первым подобным изданием был ежегодник «Berlinisches Jahrbuch» (1795–1840); гораздо более известно др. издание: «Jahres-Bericht über die Fortschritte der physischen Wissenschaften» («Обзоры» Й. Берцелиуса; 1821–1910). В Великобритании с 1904 периодически выходит «Annual Reports on the Progress of Chemistry», а с 1972 ежеквартально – «Chemical Society Reviews» и «Quarterly Reviews».

Наиб. известным обзорным журналом по химии в США является «Chemical Reviews» (с 1925), издаваемый ежемесячно.

ОСНОВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЖУРНАЛЫ

Название	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год	Название	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год
Обзорные					Chemical Communications	Великобритания	Англ.	1965	24
Успехи химии	Россия	Рус.	1932	12	Dalton Transactions	»	»	1972	24
Accounts of Chemical Research	США	Англ.	1968	12	Faraday Transactions. Part I, II	»	»	1972	12
Catalysis Reviews	»	»	1967	24	Perkin Transactions. Part I, II	»	»	1972	24
Chemical Reviews	»	»	1924	12	Journal für praktische Chemie	Германия	Нем.	1828	6
Chemical Society Reviews	Великобритания	»	1972	4	Kagaku (Kyoto) (Chemistry)	Япония	Япон.	1946	12
Chromatographic Reviews	Нидерланды	»	1959	6	Mendeleev Communications (Менделеевские сообщения)	Великобритания	Англ.	1991	12
Coordination Chemistry Reviews	»	»	1966	8	Nature	»	»	1869	52
Organometallic Chemistry Reviews	Швейцария	»	1968	8	Naturwissenschaften	Германия	Нем.	1913	12
Pharmaceutical Reviews	США	»	1948	4	Nippon Kagaku Kaishi (Journal of the Chemical Society of Japan)	Япония	Япон.	1921	12
Record of Chemical Progress	»	»	1939	4	Nippon Kagaku Zasshi (Journal of the Chemical Society of Japan, Pure Chemistry Section)	»	»	1948	12
Reviews of Pure and Applied Chemistry	Австралия	»	1951	4	Pure and Applied Chemistry	Великобритания	Англ.	1960	8
Общехимические					Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas	Нидерланды	Голл.	1882	12
Вестник Ленинградского университета. Сер. физ. и хим.	Россия	Рус.	1946	4	Science	США	Англ.	1961	52
Вестник Московского университета. Сер. 2, хим.	»	»	1960	6	Zeitschrift für Chemie	Германия	Нем.	1961	12
Доклады Российской академии наук	»	»	1933	36	Неорганическая химия, геохимия, радиационная химия				
Российский химический журнал (журнал Российского химического общества им. Д. И. Менделеева)	»	»	1956	6	Геохимия	Россия	Рус.	1956	12
Журнал общей химии	»	»	1931	12	Журнал научной и прикладной фотографии	»	»	1956	6
Известия Российской академии наук. Сер. хим.	»	»	1936	12	Журнал неорганической химии	»	»	1956	12
Известия Российской академии наук. Сер. Неорганические материалы	»	»	1965	12	Координационная химия	»	»	1975	12
Химия в интересах устойчивого развития	»	»	1994	6	Металлы	»	»	1959	6
Acta chimica Scandinavica. Ser. A, B	Дания	Англ.	1947	10	Радиохимия	»	»	1959	6
Angewandte Chemie	Германия	Нем.	1888	24	Неорганические материалы	»	»	1965	12
Annales de chimie	Франция	Франц.	1789	6	Физика и химия обработки материалов	»	»	1967	6
Annali di chimica	Италия	Итал.	1914	12	Физика и химия стекла	»	»	1975	6
Australian Journal of Chemistry	Австралия	Англ.	1948	12	Inorganic Chemistry	США	Англ.	1962	12
Bulletin of the Chemical Society of Japan	Япония	»	1926	12	Inorganica chimica acta	Италия	Итал.	1967	36
Bulletin de la Société chimique de France	Франция	Франц.	1859	12	Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry	Великобритания	Англ.	1955	12
Bulletin les Sociétés chimiques Belges	Бельгия	»	1887	12	Nitrogen	»	»	1959	6
Canadian Journal of Chemistry	Канада	Англ.	1929	24	Phosphorus and Sulfur	США	»	1976	3
Chemica scripta	Швейцария	»	1903	10	Radiochemical and Radio-analytical Letters	Венгрия	Между-нар. издание	1969	18
Chemické listy	Чехия	Чеш.	1907	12	Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie	Германия	Нем.	1892	12
Chemische Berichte	Германия	Нем.	1868	12	Аналитическая химия				
Chimia	Швейцария	Англ., нем., франц.	1947	12	Высокоочищенные вещества	Россия	Рус.	1987	6
Collection of Czechoslovak Chemical Communications	Чехия	»	1924	12	Журнал аналитической химии	»	»	1946	12
Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences	Франция	Франц.	1835	52	Заводская лаборатория	»	»	1932	12
Experientia	Швейцария	Нем.	1945	12	Приборы и техника эксперимента	»	»	1956	6
Gazetta chimica italiana	Италия	Итал.	1871	12	The Analyst	Великобритания	Англ.	1876	12
Helvetica chimica acta	Швейцария	Англ., нем., франц.	1918	9	Analytica chimica acta	Нидерланды	Англ., нем., франц.	1947	12
Indian Journal of Chemistry	Индия	Англ.	1963	12	Analytical Chemistry	США	Англ.	1929	12
Journal of the American Chemical Society	США	»	1879	24	Analytical Letters	»	»	1968	24
Journal of Applied Chemistry	Великобритания	»	1882	12	Chimie analytique	Франция	Франц.	1896	12
Journal of Chemical Documentation	США	»	1961	4	Mikrochimica Acta	Германия	Нем.	1923	12
Journal of Chemical Education	»	»	1924	12	Reviews of Scientific Instruments	США	Англ.	1930	12
Journal of Chemical Information and Computer Science	»	»	1960	6	Talanta	Великобритания	»	1958	12
Journal of the Chemical Society	Великобритания	»	1849	12	Zeitschrift für Analytische Chemie	Германия	Нем.	1862	24
					Физическая химия				
					Защита металлов	Россия	Рус.	1965	6
					Журнал прикладной спектроскопии	»	»	1964	12
					Журнал структурной химии	»	»	1960	6
					Журнал физической химии	»	»	1930	12
					Кинетика и катализ	»	»	1960	6

Продолжение табл.

Название	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год	Название	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год
Коллоидный журнал	Россия	Рус.	1935	6	Коллоидный журнал	Россия	Рус.	1935	6
Кристаллография	»	»	1956	6	Пластические массы	»	»	1939	12
Оптика и спектроскопия	»	»	1956	12	Химические волокна	»	»	1959	6
Поверхность. Физика, химия, механика	»	»	1982	12	Europian Polymer Journal	Великобритания	Англ.	1965	4
Приборы и техника эксперимента	»	»	1956	6	Journal of Polymer Science. Part A I - Polymer Chemistry	США	»	1972	12
Расплавы	»	»	1987	6	Die makromolekulare Chemie	Швейцария	Нем.	1934	10
Теоретическая и экспериментальная химия	Украина	»	1965	6	Macromolecules	США	Англ.	1968	6
Химическая физика	»	»	1982	12	Polymer	Великобритания	»	1960	12
Химия высоких энергий	»	»	1967	6	Rubber Chemistry and Technology	США	»	1928	5
Электрохимия	»	»	1965	12	Биохимия				
Acta crystallographica	Дания	Англ.	1948	12	Биоорганическая химия	Россия	Рус.	1975	12
Applied Spectroscopy	США	»	1951	6	Биохимия	»	»	1936	12
Chemical Physics Letters	Нидерланды	»	1967	24	Молекулярная биология	»	»	1967	6
Chromatographia	Великобритания	»	1967	12	Прикладная биохимия и микробиология	»	»	1965	6
Electrochimica acta	»	»	1959	12	Химия природных соединений	»	»	1965	6
International Journal of Chemical Kinetics	США	»	1969	6	Analytical Biochemistry	США	Англ.	1960	6
International Journal of Mass Spectrometry and Ion Physics	Нидерланды	Междунар. издание	1968	12	Archives of Biochemistry and Biophysics	»	»	1942	12
International Journal of Quantum Chemistry	США	»	1967	6	Biochimica et biophysica acta	Нидерланды	Междунар. издание	1947	52
Journal of Catalysis	»	Англ.	1962	15	Biochemical and Biophysical Research Communications	США	Англ.	1959	24
Journal of Chemical Physics	»	»	1931	24	Biochemical Journal	Великобритания	»	1906	24
Journal of Chromatography	Нидерланды	»	1958	24	Biochemistry	США	»	1962	24
Journal of Magnetic Resonance	США	»	1969	6	Biopolymers	»	»	1963	12
Journal of Molecular Spectroscopy	»	»	1957	4	European Journal of Biochemistry	Германия	Междунар. издание	1967	6
Journal of Physical Chemistry	»	»	1896	26	Journal of Biological Chemistry	США	Англ.	1905	24
Journal of Solid State Chemistry	США	Англ.	1969	4	Journal of Molecular Biology	Великобритания	»	1959	24
Molecular Physics	Великобритания	»	1958	12	Химическая технология, химия в сельском хозяйстве				
Physics and Chemistry of Glasses	»	»	1960	6	Агрохимия	Россия	Рус.	1964	12
Physics Status Solidi. Ser. A, B	Германия	Англ., нем., франц.	1961	12	Бумажная промышленность	»	»	1922	12
Solid State Communications	США	Англ.	1963	12	Газовая промышленность	»	»	1956	12
Spectrochimica Acta. Part A, B	Великобритания	»	1939	12	Гидролизная и лесохимическая промышленность	»	»	1948	8
Theoretica chimica acta	Германия	Нем.	1962	4	Журнал прикладной химии	»	»	1928	12
Zeitschrift für physikalische Chemie	»	»	1887	24	Защита растений	»	»	1956	12
Органическая химия					Известия высших учебных заведений. Сер. Нефть и газ	»	»	1958	12
Журнал органической химии	Россия	Рус.	1965	12	Известия высших учебных заведений. Сер. Химия и химическая технология	»	»	1958	12
Химия гетероциклических соединений	»	»	1965	12	Кокс и химия	»	»	1931	12
International Journal of Sulfur Chemistry	США	Англ.	1966	12	Лакокрасочные материалы и их применение	»	»	1960	6
Journal of Heterocyclic Chemistry	Швейцария	»	1964	6	Нефтехимия	»	»	1961	6
Journal of Organic Chemistry	США	»	1936	24	Порошковая металлургия	»	»	1961	12
Journal of Organometallic Chemistry	Швейцария	»	1963	6	Теоретические основы химической технологии	»	»	1967	6
Journal für praktische Chemie	Германия	Нем.	1834	6	Химическая промышленность	»	»	1924	12
Justus Liebigs Annalen der Chemie	»	»	1832	12	Химическая технология	Украина	»	1965	Нерегулярно
Organic Magnetic Resonance	Великобритания	Англ.	1969	6	Химическое и нефтяное машиностроение	Россия	»	1964	12
Organic Mass Spectrometry	»	»	1967	12	Химия древесины	»	»	1971	Нерегулярно
Organic Preparations and Procedures	США	Англ., нем., франц.	1969	4	Химия в сельском хозяйстве	»	»	1929	6
Synthesis	Германия	Нем., англ.	1970	12	Химия твердого топлива	»	»	1967	6
Tetrahedron	Великобритания	Англ., нем., франц.	1957	24	Химия и технология воды	»	»	1979	6
Tetrahedron Letters	»	Англ.	1959	52	Химия и технология топлив и масел	»	»	1956	12
Высокомолекулярные соединения									
Высокомолекулярные соединения	Россия	Рус.	1939	12					
Каучук и резина	»	»	1938	12					

Название	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год	Название *	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год
Экологическая химия	Россия	Рус.	1993	6	Industrial and Engineering Chemistry	США	Англ.	1909	—
Chemical Engineering	США	Англ.	1902	27	Fundamental	»	»	1962	4
Chemical Engineering Communications	Великобритания	»	1980	6	Process Designing Developments	»	»	1962	4
Chemical Engineering Science	»	»	1923	52	Production Research Developments	»	»	1962	4
Chemie-Ingenieur-Technik	Германия	Нем.	1928	24	Journal of the American Oil Chemists Society	»	»	1917	12
Chemiker-Zeitung	»	»	1877	24	Kagaku Kagaku (Chemical Engineering)	Япония	Япон.	1953	12
Chemische Technik	»	»	1949	12	Kagaku Kogyo (Chemical Industry)	»	»	1950	12
Chemistry and Industry	Великобритания	Англ.	1881	24	Kogyo Kagaku Zasshi (Journal of Chemical Society of Japan, Industrial Chemistry Section)	»	»	1948	12
Chemosphere	»	»	1972	12	Water Research	Великобритания	Англ.	1967	12
Corrosion Science	»	»	1961	12					
Ecological Application	США	»	1991	4					
Environment and Ecology	»	»	1983	4					
Environmental Science and Technology	»	»	1967	12					
Hungarian Journal of Industrial Chemistry	Венгрия	»	1963	4					

* «Доклады» выпускают также АН бывших союзных республик.

** «Известия» издают также АН бывших союзных республик, Сибирское отделение РАН, Северо-Кавказский науч. центр высш. школы.

но Американским хим. об-вом. В России наряду с «Успехами химии» (с 1957) выходят издания ВИНТИ «Итоги науки и техники» и др.

Начиная с 60-х гг. 20 в. в обзорной литературе, как и в журнальной, началась узкая специализация по отдельным областям химии. В большинстве случаев назв. таких изданий начинаются со слов: «Advances in...», «Progress in...». Поиск обзоров облегчается тем, что в указателях СА перед ссылкой на них ставится символ «R»; хим. информационная служба Великобритании выпускает полугодовой исчерпывающий указатель обзорных статей, появившихся в СА, — «CA Reviews Index». Ин-том науч. информации в Филадельфии издается указатель «Index of Scientific Reviews», охватывающий ежегодно более 23 тыс. обзоров по химии и иным естеств. наукам.

Важную роль играет также патентная информация, поскольку сведения об открытиях и изобретениях составляют до 1/3 мировой научно-техн. информации. Патентное дело наиб. развито в США, Японии, ФРГ, Франции, России и Великобритании. В этих и др. странах выпускаются журналы, бюллетени, сборники, указатели и иные издания общего характера, включающие патентные документы по химии (напр., в России с 1924 бюллетень «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки»), и специализированные (напр., в Великобритании с 1958 ежемесячник «Chemical Process Patents Bulletin»).

Сведения о наиб. распространенных Х. ж. приведены в табл.

Лит.: Потапов В.М., Кочетова Э.К., Химическая информация. Где и как искать химику нужные сведения. Справочник, 2 изд., М., 1988.

Э. К. Кочетова.

ХИМИЧЕСКИЕ ИНСТИТУТЫ, учреждения, ведущие фундамент. и прикладные исследования в области химии (н.-и. ин-ты), а также готовящие преподавателей по общехим. дисциплинам, химиков-исследователей и инженеров для хим. и смежных произ-в (учебные заведения).

Научно-исследовательские институты. Х. и. как научные учреждения возникли на рубеже 19 и 20 вв. в связи с необходимостью новых организац. форм исследоват. работы, обусловленной дифференциацией и интеграцией хим. науки, появлением теоретич. и техн. проблем, решение к-рых требовало коллективного труда ученых разных специальностей. Первыми научными учреждениями, проводившими научные работы по химии, были хим. лаборатории, напр. Королевская хим. лаборатория в Стокгольме (1637), Хим. лаборатория Ин-та в Болонье (1714), Хим. н.-и. лаборатория при Петерб. АН (организована М.В. Ломоносовым, 1748), Хим. лаборатория Королевского ин-та Великобритании (1799), Хим. лаборатория ун-та в Гисене (Ю. Либих, 1825).

Первые Х. и. создавались при ун-тах и иных высших школах. Основателями Х. и. были крупные ученые-химики, создатели новых научных направлений: Ф. Кекуле основал (1868) Хим. ин-т Боннского ун-та; В. Нерст — Физ.-хим. ин-т Гёттингенского ун-та (1896); В. Оствальд — Физ.-хим. ин-т Лейпцигского ун-та (1898); С. Аррениус — Нобелевский физ.-хим. ин-т в Стокгольме (1905); А. Вернер — Хим. ин-т Цюрихского ун-та (1909); М. Складовская-Кюри — Ин-т радия в Париже (1914). Значит. ср-ва из прибылей начали выделять на научные разработки монополии и концерны, при к-рых создавались исследоват. лаборатории: в США — «Дюпон де Немур», «Истмен Кодак», «Дженерал Электрик»; в Германии — «И.Г. Фарбениндустри»; в Великобритании — «Империял Кемикал Индастриз» и т.д.

С нач. 20 в. в разных странах стали создаваться крупные нац. центры научных исследований с частичным участием гос-ва в финансировании и управлении, включавшие неск. Х. и., напр. ин-ты Научного об-ва кайзера Вильгельма в Германии (1911; с 1948 — Научное об-во М. Планка). В Великобритании в 1915 организован спец. правительств. орган — Департамент научных и пром. исследований с гос. хим. н.-и. лабораторией.

В России научные работы по химии велись в Хим. лаборатории при Петерб. АН, в лабораториях ун-тов [Петербургского, Казанского, Московского, Дерптского (ныне Тартуского), Киевского, Харьковского, Новороссийского (в Одессе)]; политехн. ин-тов (Рижского, Киевского, Петербургского); техн. ин-тов (Петербургского, Харьковского, Томского), горных ин-тов (Петербургского, Екатеринославского) и др. техн. высших учебных заведений. Во всех этих лабораториях были созданы крупные научные школы и воспитаны высококвалифицир. химики. В 19 в. в России спец. Х. и. не было, хотя на необходимость их организации настаивали видные ученые (В.И. Вернадский, Н.С. Курнаков, Л.А. Чугаев и др.).

В 20-е гг. 20 в. основаны: Ин-т физ.-хим. анализа (Петроград, 1918), Ин-т по изучению платины и др. благородных металлов (Петроград, 1918), Радиевый ин-т (Петроград, 1922; с 1950 носит имя В.Г. Хлопина), Хим. ин-т (Ленинград, 1924) и др.

Функционирует ряд отраслевых Х. и. (1993): Рос. н.-и. ин-т хим. реактивов и особо чистых в-в (Москва, 1918); Н.-и. ин-т по удобрениям и инсектофунгицидам (Москва, 1919; с 1980 — НИУИФ НПО «Минудобрения»); Гос. ин-т прикладной химии (Петроград, 1919; с 1985 — НПО ГИПХ); Гос. н.-и. ин-т органической химии и технологии (Москва, 1924); Н.-и. физ.-хим. ин-т им. Л.Я. Карпова [Москва, 1931; на базе Хим. ин-та им. Карпова (1921), созданного, в свою очередь, на базе Центр. хим. лаборатории ВСНХ (1918)]; Гос. ин-т азотной пром-сти (Москва, 1931); Н.-и. ин-т орг. полупродуктов и

красителей (Москва, 1931); Рос. н.-и. ин-т СК им. С. В. Лебедева (Ленинград, 1945); Н.-и. ин-т резиновой пром-сти (Москва, 1945); Н.-и. ин-т шинной пром-сти (Москва, 1945); Гос. н.-и. ин-т химии и технологии элементоорг. соединений (Москва, 1945); Рос. н.-и. ин-т орг. синтеза (Москва, 1949; до 1977 – н.-и. ин-т синтетич. спиртов и орг. продуктов); Всерос. н.-и. ин-т хим. технологий (Москва, 1951); Рос. н.-и. ин-т неорг. материалов (Москва, 1952); Рос. н.-и. ин-т по переработке нефти [Москва, 1954; на базе Центр. ин-та авиац. топлив (1931)]; Рос. ин-т нефтехим. процессов (Ленинград, 1958); Н.-и. ин-т мономеров для СК (Ярославль, 1958); Н.-и. ин-т пластмасс (Москва, 1959) и др. Кроме того, н.-и. ин-ты функционируют в системе недавно созданных в разных регионах страны Науч. центров (НЦ), напр. в состав Северо-Кавказского НЦ Высшей школы (1969) входит Ин-т физ. орг. химии при Ростовском гос. ун-те (1971) и др.

В составе РАН функционируют ин-ты (1995): Хим. физики им. Н. Н. Семенова (Москва, 1931); Общей и неорг. химии им. Н. С. Курнакова (Москва, 1934; на базе объединения Лаборатории общей химии Хим. ин-та, Ин-та по изучению платины и др. благородных металлов и Ин-та физ.-хим. анализа); Орг. химии им. Н. Д. Зелинского (Москва, 1934); Биохимии им. А. Н. Баха (Москва, 1935); Физ. химии [Москва, 1945; на базе Коллоидно-электрохим. ин-та (1934)]; Геохимии и аналит. химии им. В. И. Вернадского (Москва, 1947); Элементоорг. соединений им. А. Н. Несмеянова (Москва, 1954); Электрохимии им. А. Н. Фрумкина (Москва, 1957); Нефтехим. синтеза им. А. В. Топчиева (Москва, 1958); Биоорг. химии им. М. М. Шемякина (Москва, 1959; до 1974 – Ин-т химии прир. соединений) с филиалом в г. Пушкино (1979); Новых хим. проблем (Черноголовка, Моск. обл., 1964); Структурной макрокинетики (Черноголовка, 1969); Физиологически активных в-в (Черноголовка, 1978); Биохимии и физиологии растений и микроорганизмов (Саратов, 1979); Синтетич. полимерных материалов (Москва, 1981); Химии неводных р-ров (Иваново, 1981); Энергетич. проблем хим. физики (Москва, 1987); Металлоорг. химии и Химии высокочистых в-в [1988; оба на базе Ин-та химии, Горький (1969)]; Биохимической физики им. Н. М. Эмануэля (Москва, 1994).

В Сибирское отделение РАН входят ин-ты: Химии твердого тела и переработки минерального сырья (Новосибирск, 1944; до 1964 – Хим.-металлургич. ин-т, до 1981 – Физ.-хим. основ переработки минер. сырья); Неорг. химии (Новосибирск, 1957); Иркутский орг. химии (1957); Хим. кинетики и горения (Новосибирск, 1957); Катализа (Новосибирск, 1958); Новосибирский орг. химии (1958); Химии нефти (Томск, 1970); Химии и хим. технологии (Красноярск, 1980); Химии углеродных материалов (Кемерово, 1991) и др.

Уральское отделение РАН: Высокотемпературной электрохимии (Свердловск, 1947, до 1992 – Электрохимии); Химии твердого тела (Свердловск, 1955, до 1991 – Химии).

Дальневосточное отделение РАН: Химии (Владивосток, 1971); Тихоокеанский биоорг. химии (Владивосток, 1974).

В разл. научных центрах и филиалах РАН имеются ин-ты: Высокомолекул. соед. (Ленинград, 1948); Химии силикатов им. И. В. Гребенщикова [Ленинград, 1948; на базе Лаборатории химии силикатов (1934)]; Химии и технологии редких элементов и минерального сырья (Апатиты, Мурманская обл., 1957); Орг. и физ. химии им. А. Е. Арбузова (Казань, 1965); Химии (Уфа, 1969) и др.

В 1994 на базе нек-рых отраслевых и академич. ин-тов созданы и функционируют Гос. науч. центры Рос. Федерации. В составе АН стран ближнего зарубежья функционируют (1993) ин-ты:

АН Азербайджана – Нефтехим. процессов им. Ю. Г. Мамедалиева (Баку, 1959) и Сумгаитский филиал этого ин-та (1965); Теоретич. проблем хим. технологии (Баку, 1965); Неорг. и физ. химии (Баку, 1965) и при нем Нахичеванский научный центр (Нахичевань, 1972); Химии присадок (Баку, 1965).

АН Армении – Орг. химии (Ереван, 1957); Биохимии (Ереван, 1961); Тонкой орг. химии им. А. Л. Мнджояна (Ереван, 1966); Агрохим. проблем и гидропоники (Ереван, 1966);

Общей и неорг. химии (Ереван, 1969); Хим. физики (Ереван, 1975; на базе Лаборатории хим. физики АН Армении).

АН Белоруссии – Торфа (Минск, 1933); Физ.-орг. химии (Минск, 1959); Общей и неорг. химии (Минск, 1959); Геохимии и геофизики (Минск, 1971); Биоорг. химии (Минск, 1974).

АН Грузии – Физ. и орг. химии им. П. Г. Меликишвили (Тбилиси, 1929); Фармакологии им. И. Г. Кутателадзе (Тбилиси, 1932); Неорг. химии и электрохимии (Тбилиси, 1956); Биохимии растений (Тбилиси, 1971).

АН Казахстана – Хим. наук (Алма-Ата, 1945); Хим.-металлургич. (Караганда, 1958); Химии нефти и прир. солей (Гурьев, 1960); Орг. катализа и электрохимии (Алма-Ата, 1969).

АН Киргизии – Неорг. и физ. химии (Фрунзе, 1960); Орг. химии (Фрунзе, 1960); Биохимии и физиологии (Фрунзе, 1964).

АН Латвии – Неорг. химии (Рига, 1946); Орг. синтеза (Рига, 1957); Химии древесины (Рига, 1963).

АН Литвы – Хим. и хим. технологии (Вильнюс, 1945); Биохимии (Вильнюс, 1967).

АН Молдавии – Химии (Кишинев, 1959).

АН Таджикистана – Химии (Душанбе, 1965).

АН Туркмении – Химии (Ашхабад, 1957).

АН Узбекистана – Химии (Ташкент, 1943); Химии растит. в-в (Ташкент, 1956); Биохимии (Ташкент, 1967); Химии и физики полимеров (Ташкент, 1981).

АН Украины – Биохимии им. А. В. Палладина (Киев, 1925); Физ. химии им. Л. В. Писаржевского (Киев, 1927); Общей и неорг. химии (Киев, 1931); Газа (Киев, 1949); Орг. химии (Киев, 1948); Коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского (Киев, 1968); Физ.-орг. химии и углехимии [Донецк, 1975; на базе Донецкого отделения физ. орг. химии Ин-та физ. химии им. Л. В. Писаржевского (1967)], Физ.-хим. им. А. В. Богатского (Одесса, 1977); Сорбции и проблем эндоэкологии (Киев, 1991; на базе отделения сорбции и тонкого орг. синтеза и спец. конструкторского бюро с эксперим. произ-вом Ин-та общей и неорг. химии АН Украины).

АН Эстонии – Химии (Таллин, 1947).

Во многих странах мира Х. и. в осн. входят в состав гос. ведомств, ун-тов и др. вузов, а также н.-и. об-в, частично субсидируемых гос-вом. Фундам. и прикладные исследования проводят: в Великобритании – ун-ты в Бристоле, Глазго, Кембридже, Ливерпуле, Лондоне, Ноттингеме, Оксфорде, Эдинбурге и др.; в Германии – Науч. об-во М. Планка, в составе к-рого функционируют ин-ты Химии (Майнц), Неорг. химии (Франкфурт-на-Майне), Биохимии (Мюнхен), Биофиз. химии (Геттинген), Исследования угля (Мюльхайм) и др. Х. и. имеются также в ун-тах Берлина, Бонна, Вюрцбурга, Гамбурга, Гисена, Дюссельдорфа, Карлсруэ, Килия, Марбурга, Мюнстера, Тюбингена, Фрейбурга и др. и, кроме того, в составе высших техн. школ Ахена, Брауншвейга, Ганновера, Дармштадта, Клаусталля, Мюнхена; в Италии – Нац. ин-т химии, Научный центр прикладной химии, Х. и. разл. профилей при Римском, Миланском, Павиянском, Пизанском ун-тах, ин-ты химии, пром. химии, физ. химии и электрохимии при политехн. ин-те в Милане; во Франции – Нац. ин-т прикладной химии, Н.-и. центр пластич. материалов, Франц. ин-т каучука, ин-ты хим. технологии, исследований в области катализа и др.; в США – Висконсинский, Корнеллский, Пенсильванский и иные ун-ты; в Японии – ин-ты в Нагойе, Осаке, Токио, Хоккайдо и др. Работы в области химии и хим. технологии ведутся также в научных подразделениях пром. фирм; в Болгарии – Общей и неорг. химии; в Венгрии – Центр по исследованию хим. структур; в Польше – Орг. химии; в Чехии – Теоретич. основ хим. процессов.

Учебные заведения. Химия проникла во все отрасли науки и нар. х-ва. Поэтому кроме преподавания ее на хим. факультетах университетов и в спец. хим. и хим.-технол. ин-тах хим. образование стало также составной частью подготовки специалистов в пед., политехн., металлургич., горных, нефтяных, с.-х. и др. ин-тах. Преподавание хим. дисциплин в России ведется, напр., в Московском гос. университете, Санкт-Петербургском гос. университете, Рос. гос. хим.-технол. университете [Москва, 1992; на базе Московского хим.-технол.

ин-та (1920)], Ростовском гос. университете, в Ивановском (1918) и Казанском (1919) хим.-технол. ин-тах, Московской академии тонкой хим. технологии [1993; на базе Московской ин-та тонкой хим. технологии (1931)], Московском (1931) и Тамбовском (1965) ин-тах хим. машиностроения, Воронежском (1930) и С.-Петербургском (1828) технол. ин-тах, Военной академии хим. защиты им. С. К. Тимошенко (1932).

Крупные мировые центры хим. образования: в Великобритании – Кембриджский, Оксфордский, Батский, Бирмингемский университеты, Манчестерский политехн. ин-т; в Германии – Берлинский, Ганноверский, Дортмундский, Мюнхенский, Дрезденский, Ростокский, Штутгартский университеты, высшие техн. школы в Дармштадте, Карлсруэ, Магдебурге; в Италии – Болонский, Миланский университеты; во Франции – университеты в Гренобле, Клермон-Ферране, Компьене, Марселе, Монпелье, Париже, Лоранский и Тулузский политехн. ин-ты; в США – Гарвардский, Калифорнийский, Колумбийский, Мичиганский технол. университеты, Толедский университет, Калифорнийский, Массачусетский технол. ин-ты; в Японии – Киотский, Окаямский, Осакий, Токийский университеты; в Болгарии – Софийский университет и хим.-технол. ин-т; в Венгрии – Будапештский университет, Веспремский хим.-технол. ин-т; в Польше – Варшавский, Лодзинский, Люблинский университеты, Варшавский политехн. ин-т; в Румынии – Бухарестский и Клужский университеты, Бухарестский, Ясский политехн. ин-ты; в Чехии – Пражский университет и хим.-технол. ин-т, Пардубицкая высшая хим.-технол. школа.

Лит.: Большая Советская энциклопедия, 3 изд., т. 28, М., 1978, с. 257–58, 268–70, 277–78; Химический энциклопедический словарь, М., 1983, с. 648–49.

В. А. Волков.

ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА, устройства, вырабатывающие электрич. энергию за счет прямого преобразования энергии окислит.-восстановит. («токообразующей») р-ции. Основу Х. и. т. составляет ячейка с двумя электродами (один – содержащий окислитель, другой – восстановитель), контактирующими с жидким (иногда твердым) электролитом. Между электродами устанавливается разность потенциалов –

эдс, соответствующая изменению энергии Гиббса токообразующей р-ции. Действие Х. и. т. основано на протекании при замкнутой внеш. электрич. цепи пространственно разделенных процессов; на отрицат. электроде восстановитель окисляется, образующиеся свободные электроны переходят по внеш. цепи (создавая разрядный ток) к положит. электроду, где участвуют в восстановлении окислителя.

Разрядное напряжение Х. и. т. меньше значения эдс из-за поляризации электродов и внутр. омических потерь, оно зависит от силы разрядного тока. Для увеличения разрядного напряжения используют батареи из необходимого числа последовательно соединенных элементов.

Совокупность реагентов и электролита наз. электрохим. системой. В зависимости от эксплуатац. особенностей и типа электрохим. системы выделяют гальванич. элементы, аккумуляторы и топливные элементы. *Гальванические элементы* (первичные элементы) содержат определенный запас реагентов, после израсходования к-рого (после разряда) они становятся неработоспособными. В *аккумуляторах* (вторичных элементах) при пропускании тока от внеш. источника в обратном направлении происходит зарядка, т. е. регенерация реагентов, в связи с чем аккумуляторы м. б. многократно использованы. Такое деление условно, т. к. нек-рые первичные элементы также м. б. частично заряжены. *Топливные элементы* (электрохим. генераторы) допускают длительную непрерывную работу благодаря постоянному подводу к электродам новых порций реагентов (жидких или газообразных) и отводу продуктов р-ции. Существуют Х. и. т. комбинированного типа, содержащие как твердый, так и жидкие или газообразные реагенты. Наиб. известны металловоздушные источники тока, в к-рых окислителем служит воздух.

Х. и. т. характеризуются рядом параметров: разрядное напряжение, разрядная емкость – кол-во электричества (в А·ч), отдаваемое во время полного разряда (оно зависит от кол-ва активных реагентов и условий разряда); уд. энергия – электрич. энергия, отдаваемая во время разряда и отнесенная к ед. массы или объема Х. и. т. (Вт·ч/кг, Вт·ч/л); уд. мощность – максимально допустимая разрядная мощность, отнесенная к

ХАРАКТЕРИСТИКИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Тип источника тока	Состояние разработки ^а	Электрохим. система	Разрядное напряжение, В	Удельная энергия, Вт·ч/кг	Уд. мощность, Вт/кг		Другие показатели
					номинальная	максимальная	
Гальванические элементы							
Марганцевые солевые	A	(+)MnO ₂ NH ₄ Cl, ZnCl ₂ Zn(-)	1,5-1,0	20-60	2-5	20	1-3 ^б
Марганцевые щелочные	A	(+)MnO ₂ KOH Zn(-)	1,5-1,1	60-90	5	20	2-4 ^б
Ртутно-цинковые	A	(+)HgO KOH Zn(-)	1,3-1,1	110-120	2-5	10	3-5 ^б
Литиевые неводные	A	(+)MnO ₂ LiClO ₄ , пропиленкарбонат Li(-)	3,0-2,5	300-350	1-2	5	3-5 ^б
	A	(+)C SOCl ₂ , LiAlCl ₄ Li(-)	3,2-2,6	300-450	10-20	50	3-5 ^б
Аккумуляторы							
Свинцовые кислотные	A	(+)PbO ₂ H ₂ SO ₄ Pb(-)	2,0-1,8	25-40	4	100	300*
Кадмиево- и железоникелевые щелочные	A	(+)NiOOH KOH Cd, Fe(-)	1,3-1,0	25-35	4	100	до 1000*
Серебряно-цинковые	A	(+)Ag ₂ O, AgO KOH Zn(-)	1,7-1,4	100-120	10-30	600	100*
Никель-цинковые	B	(+)NiOOH KOH Zn(-)	1,6-1,4	60	5-10	200	100-300*
Никель-водородные	B	(+)NiOOH KOH H ₂ (Ni)(-)	1,3-1,1	60	10-40	—	1000*
Цинк-воздушные	B	(+)O ₂ (C) KOH Zn(-)	1,2-1,0	100	5	20	100*
Серно-натриевые	B	(+)S Na ₂ O·9Al ₂ O ₃ Na(-)	2,0-1,8	200	50	200	1000*
Топливные элементы							
Водородно-кислородные	B	(+)O ₂ (C, Ag) KOH H ₂ (Ni)(-)	0,9-0,8	—	—	30-60	1-5*
То же	B	(+)O ₂ (PVC) H ₃ PO ₄ H ₂ (PVC)(-)	0,8-0,7	—	—	10-30	5-20*
Гидразино-кислородные	B	(+)O ₂ (C, Ag) KOH N ₂ H ₄ (Ni)(-)	0,9-0,8	—	—	30-60	1-5*

^а А – серийное произ-во; Б – опытное произ-во; В – в стадии разработки (ожидаемые характеристики). ^б Сохраняемость, годы. * Срок службы, циклы. * Ресурс работы, тысячи часов.

Примечание: характеристики (особенно уд. мощность) ориентировочные, т. к. данные разных фирм не совпадают.

ед. массы или объема Х. и т. (Вт/кг, Вт/л); срок сохранности в заряженном состоянии; срок службы — допустимое число зарядно-разрядных циклов (для аккумуляторов); ресурс — длительность работы топливных элементов.

В таблице приведены основные характеристики ряда Х. и т. (как промышленно выпускаемых, так и находящихся в стадии разработки). Миниатюрные элементы в наручных электрич. часах работают со ср. мощностью 10^{-5} Вт, а аккумуляторные батареи на подводных лодках развивают мощность до 10^7 Вт. Масса единичного Х. и т. колеблется от долей грамма до сотен тонн.

Первые Х. и т. были созданы в нач. 19 в. (вольты столб, 1800; *Даниеля-Якоби элемент*, 1836, и др.). До 60-х гг. 19 в. Х. и т. были единственными источниками электроэнергии для питания электрич. приборов и для лаб. нужд. С нач. 20 в. их произ-во непрерывно расширяется в связи с развитием радиотехники и автомобильного транспорта.

До сер. 20 в. произ-во выпускала небольшое кол-во типов гальванич. элементов и аккумуляторов, в к-рых в качестве окислителей использовали PbO_2 , $NiOOH$, MnO_2 и CuO , в качестве восстановителей — металлич. Pb , Cd , Fe , Zn . Электр. р-р-ми служили водные р-ры щелочей, к-т или солей. Стремление к повышению эксплуатац. характеристик (в частности, из-за развития ракетной и космич. техники) привело к развитию Х. и т. на основе более активных электрохим. систем и новых конструктивных принципов. Для предотвращения побочных хим. процессов в резервных Х. и т. высокоактивные реагенты и электролит приводят в соприкосновение (активируются) только непосредственно перед началом разряда; в неактивир. состоянии они допускают длительное (10–15 лет) хранение. В др. вариантах Х. и т. используют неводные электролиты (на основе орг. р-рителей, расплавов или твердых соед.), в к-рых в качестве восстановителей можно применять щелочные металлы (они бурно реагируют с водными р-рами). Широкое распространение получили литиевые элементы с неводными р-рителями типа пропиленкарбоната или тионилхлорида.

Х. и т. используют во мн. областях техники и народного хозяйства, напр. гальванич. элементы — для автономного питания переносных радиоприемников, стартерные аккумуляторные батареи — для автомобилей. Кол-во первичных элементов и аккумуляторов, изготавливаемых ежегодно во всем мире, исчисляется миллиардами.

Лит.: Романов В. В., Хашев Ю. М., *Химические источники тока*, 2 изд., М., 1978; Багоцкий В. С., Скундян А. М., *Химические источники тока*, М., 1981.

ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА, основаны на осуществлении хим. р-ций. Используют в осн. хим. р-ции трех типов: кислотно-основные, окислительно-восстановительные реакции (в т. ч. электрохим.), комплекссообразования, а также процессы осаждения и экстракции. Характерный внеш. эффект р-ции или процесса применяют в *качественном анализе*, измерение величины аналит. сигнала — в *количественном анализе*. Аналит. сигналом служат: масса (*гравиметрия*), объем прореагировавшего р-ра (титриметрич. методы с визуальным обнаружением конечной точки титрования; см. *Титриметрия*), объем газа (волюмометрич. методы; см. *Объемный анализ*), скорость р-ции (*кинетические методы анализа*); тепловой эффект (термотитриметрич. методы; см. *Калориметрия*) и т. д. Теоретич. основу Х. м. а. составляют учение о хим. равновесии в гомогенных и гетерогенных системах, теория электролитич. диссоциации, законы кинетики хим. р-ций.

Старейшими и наиб. хорошо разработанными Х. м. а. являются гравиметрия и титриметрия, иногда называемые «классическими». Критерием пригодности этих методов служит полнота протекания р-ции. В гравиметрии осаждение считают полным, если концентрация компонента, остающегося в р-ре, не превышает чувствительность измерит. прибора — аналит. весов. Это составляет $\sim 10^{-4}$ г или (принимая в среднем мол. м. равной 100) $\sim 10^{-6}$ моль/л. В титриметрии критерием полноты считают константу равновесия р-ции титрования между титрантом и определяемым компонентом. Необходимым условием проведения титриметрич. анализа

является также высокая скорость р-ции. Классич. методы отличаются высокой точностью, т. к. относят. погрешность определения не превышает 0,1–0,2%. Их часто применяют для проверки правильности результатов анализа, полученных др. методами.

Классич. методы, в отличие от большинства *физико-химических методов анализа*, являются безталонными. Для них характерно простое аппаратное оформление — весы в гравиметрии, мерная посуда в титриметрии и волюмометрии. Основными недостатками классич. методов считают низкую чувствительность и длительность определения (в гравиметрии). Главная область применения классич. методов — прецизионное определение основных компонентов и компонентов со средним содержанием от десятых долей % до неск. десятков %.

В кинетич. методах аналит. сигнал измеряют с помощью спец. приборов, что приближает их к инструментальным методам. Кинетич. методы — одни из самых чувствительных и используются для определения примесных (следовых) компонентов (менее 0,01%). Термотитриметрия имеет ограниченное применение. Метод позволяет определять основные и неосновные компоненты с погрешностью $\sim 1\%$.

Х. м. а. хотя и не потеряли своего значения как точные и простые, вытесняются более чувствительными и экспрессными инструментальными физ.-хим. методами анализа и *физическими методами анализа*.

Е. Н. Дорохова.

ХИМИЧЕСКИЕ СПРАВОЧНИКИ И ЭНЦИКЛОПЕДИИ, науч. или прикладные, общие либо спец. справочные издания (в т. ч. словари), содержащие расположенные обычно в алфавитном, реже в систематич. порядке осн. сведения по химии, хим. технологии и смежным дисциплинам. Крупные статьи сопровождаются, как правило, ссылками на наиб. важные первичные источники информации; многотомные издания обычно снабжены предметными, реже формульными указателями. Ниже перечислена лишь небольшая часть имеющихся справочных и энциклопедич. изданий; дополнит. сведения приведены в спец. и библиографич. литературе.

Предшественниками хим. справочных изданий были нек-рые рукописи 1–4 вв. (напр., Плиния Старшего). В сочинении араб. алхимика Джабира ибн Хайяна «Книга семидесяти» изложены хим.-металлургич. знания того времени; из др. трудов алхимиков интересны «Книга тайн» и «Книга тайны тайн» Абу-ар-Рази, к-рый первым сделал попытку классифицировать все известные к тому периоду в-ва, а также «Книга об алхимии» Альберта Великого и сочинения Р. Бэкона. Важную роль для создания первых энциклопедий сыграли работы В. Бирингуччо «О пиротехнии» (1540), Г. Агриколы «О горном деле и металлургии» (1556) и А. Либавия «Алхимия» (1597).

Первые словари, появившиеся в 17–18 вв., представляли собой 1–2-томные издания, в к-рых материал располагался по алфавиту: Ruland M., *Lexicon Alchemiae*, Francfurti, 1612; Johnson W., *Lexicon chymicum*, v. 1–2, L., 1652–53; Macquer P., *Dictionnaire de chymie...*, v. 1–2, P., 1766 (рус. переводы мн. статей с нек-рыми изменениями опубликованы в 1788–90 в журн. Н. И. Новикова «Магазин натуральной истории, физики и химии...», ч. 1–10) и др. В нач. 19 в. В. М. Севергин издал сочинение Ш. Каде (Ch. Cadet) «Словарь химический, содержащий в себе теорию и практику химии с приложением ее к естественной истории и искусствам, обработанный на русский язык трудами Василия Севергина» (ч. 1–4, СПб., 1810–13). Во 2-й пол. 19 — нач. 20 вв. были выпущены фундам. многотомные издания, напр.: Liebig J., Poggendorff J., Wöhler Fr., *Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie*, Bd 1–9, Braunschweig, 1837–64; Wurtz Ch., *Dictionnaire de chimie pure et appliquée*, v. 1–3 (aves 2 suppléments), P., 1868–1908; Ladenburg A., *Handwörterbuch der Chemie*, Bd 1–13, Breslau, 1882–95; Frémy E., *Encyclopédie chimique*, v. 1–94, P., 1882–99; Muspratt J., *Theoretische, praktische und analytische Chemie in Anwendung auf Kunst und Gewerbe*, 4 Aufl., Bd 1–12, Braunschweig, 1888–1922.

Общехимические издания. Среди совр. изданий представляют интерес: Краткая химическая энциклопедия, гл. ред. И. Л. Кнунянц, т. 1–5, М., 1961–67; Справочник химика, т. I–VI и доп., 2 изд., под ред. Б. П. Никольского и др., Л., 1965–68 (I том – общие сведения, табл. по строению в-в, физ. св-ва важнейших в-в, лаб. техника; II том – св-ва неорг. и орг. соед.; III том – хим. равновесие и кинетика, св-ва р-ров, электродные процессы; IV том – аналит. химия, спектральный анализ, показатели преломления; V и VI тома – технология соотв. неорг. и орг. в-в; дополнит. том – номенклатура орг. соед., техника безопасности, указатель); Горюновский И. Т., Назаренко Ю. П., Некряч Е. Ф., Краткий справочник по химии, 4 изд., К., 1974; Гордон А., Форд Р., Спутник химика, пер. с нем., М., 1976; Номенклатурные правила ИЮПАК по химии, т. 1–5, М., 1979–85; Химический энциклопедический словарь, М., 1983; Толковый словарь по химии и химической технологии. Основные термины, М., 1987; Годмен А., Иллюстрированный химический словарь, пер. с англ., М., 1988; Химия. Справочник, пер. с нем., М., 1989; Рабинович В. А., Хавин З. Я., Краткий химический справочник, 3 изд., М., 1991; Brockhaus ABC Chemie, Bd 1–2, Lpz., 1971; The Encyclopedia of Chemistry, 3 ed., eds. C. Hampel, G. Hawley, N. Y., 1973; Rompp H., Chemie Lexicon, 7 Aufl., Bd 1–5, Stuttg., 1973–75; Краткая химическая энциклопедия, ред. Р. М. Михайлов, 2 изд., т. 1–2, София, 1981; Malá encyklopédia chémie, Bratislava, 1981; Enciclopedia de Chimie, v. 1–6, Buc., 1983–1989; McGraw-Hill Dictionary of Chemistry, N. Y., 1984; CRC Handbook of Chemistry and Physics, 74 ed., ed. R. Weast, Boca Raton (Florida), 1993–94; Hawley's Condensed Chemical Dictionary, 11 ed., N. Y., 1987; Grant and Hackh's Chemical Dictionary, 5 ed., 1987; Taschenlexikon Chemie, Lpz., 1989.

Издания по физической химии. В справочнике Ландольта «Physikalisch-chemische Tabellen» (1-е изд. вышло в Германии в 1883) в табличной форме приведены физ.-хим. константы неорг. и орг. в-в. Широко распространенное в СНГ 5-е изд. справочника выпущено в 2 томах в 1923 (в 1927, 1931 и 1935 опубликованы дополнения); в 1950–80 вышло полностью переработанное 6-е изд. под назв. «Landolt-Börnstein. Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissen-Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik». Появление новых методов исследований обусловило выпуск одновременно с осн. изданием т. наз. «Новой серии» – справочника под назв. «Landolt-Börnstein. New Series. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology» (с 1961 вышло более 150 томов, в к-рых оглавление и часть текста наряду с нем. языком воспроизведены также на англ. языке); ко всему 6-му изд. и «Новой серии» издан общий указатель.

Другие издания: Каталитические свойства веществ, т. 1–4, К., 1968–77; Термические константы веществ, в. 1–10, М., 1968–81; Огородников С. К. [и др.], Азеотропные смеси, Л., 1971; Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания, под ред. В. П. Глушко, т. 1–10, М., 1971–80; Термодинамические свойства индивидуальных веществ, т. 1–4, 3 изд., под ред. В. П. Глушко, М., 1978–82; Краткий справочник физико-химических величин, 8 изд., Л., 1983; Крестов Г. А., Афанасьев В. Н., Ефремова Л. С., Физико-химические свойства бинарных растворов, Л., 1988; The International Encyclopedia of Physical Chemistry and Chemical Physics, Topics 1–121, ed. E. Guggenheim, Oxf. – [a. o.], 1963–75; Encyclopedia of Electrochemistry of the Elements, v. 1–5, ed. A. Bard, N. Y., 1973–76; Thermodynamic and Transport Properties of Alkali Metals, N. Y., 1985.

Издания по аналитической химии, физическим и физико-химическим методам исследований и анализа, лабораторной технике. Наиб. интересен классич. справочник В. Фрезениуса («Handbuch der analytischen Chemie»), выходящий в Германии с 1940. Он состоит из 4 осн. частей: I – общие методы анализа; II – качеств. анализ; III – количеств. методы определения и разделения хим. элементов; IV – спец. методы анализа; II и III части – многотомные, причем каждый том посвящен одному элементу или группе элементов. Другие издания: Мусакин А. П., Таблицы и схемы аналитической химии, Л., 1975; Уильямс У. Д., Определение анионов, пер. с англ., М., 1982; Атлас масс-спектров органических

соединений, под ред. В. А. Коптюга, в. 1–13, Новосибир., 1977–84; Атлас спектров органических соединений, под ред. В. А. Коптюга, в. 1–32, Новосибир., 1977–84; Лурье Ю. Ю., Справочник по аналитической химии, 6 изд., М., 1989; Химические реактивы и высококачественные химические вещества, кн. 1–2, 3 изд., М., 1990; Геккелер К., Экштайн Х., Аналитические и препаративные лабораторные методы, пер. с нем., М., 1991; Parr N. L., Laboratory handbook, L., 1963; Encyclopedia of Microscopy and Microtechnique, ed. P. Gray, N. Y., 1973; Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis, ed. F. Snell etc., v. 1–20, N. Y., 1966–74; Organic Electronic Spectral Date, v. 1–14, N. Y., 1960–78; Kirov N., Simova P., Vibrational Spectroscopy of Liquid Crystals, Sofia, 1984; Sadtler Standard Spectra. Infrared Grating Spectra, v. 1–79, Phil., 1966–85.

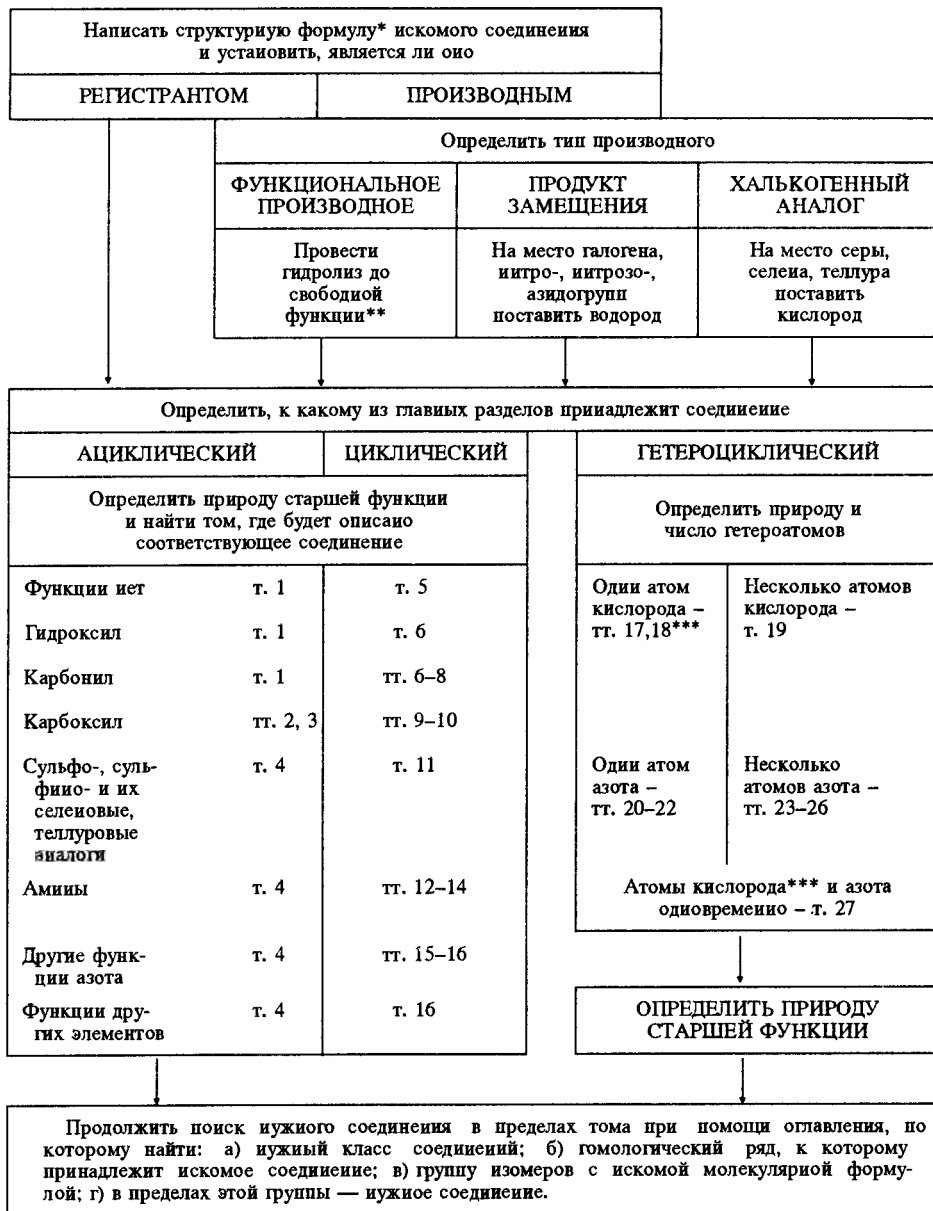
Издания по неорганической химии. Среди них наиб. известен справочник Л. Гмелина («Gmelin-Krauts Handbuch der anorganischen Chemie»), 1-е изд. к-рого выпущено в Германии в 1817. Выходящие с 1924 тома 8-го изд. (В. – Hdlb. – N. Y.; всего выпущено уже более 530 томов) учитывают литературу, появляющуюся за 6–12 мес до сдачи соответствующего тома в печать; в 1975–80 опубликован 12-томный формульный указатель ко всему изданию. Тома справочника не имеют порядковой нумерации. Его система построена на основе условных номеров, присвоенных каждому хим. элементу, к-рый описывается по единой схеме (тома, посвященные нек-рым важным, хорошо изученным элементам, нередко выпущены в виде неск. самостоят. книг): сначала излагаются история открытия, нахождение в природе, получение, физ. св-ва, хим. св-ва простого в-ва (действие воздуха, воды, неметаллов, к-т, металлов) и его иона (качеств. и количеств. р-ции), затем описываются соед. данного в-ва с хим. элементами, имеющими более низкий систематич. номер. Чтобы облегчить пользование справочником читателям, не владеющим нем. языком, оглавление в дополнит. томах приведено и на англ. языке; кроме того, на полях помещены англ. переводы заголовков (это относится и к издаваемым после 1945 осн. томам). С кон. 70-х гг. во всех вновь выходящих томах стали параллельно использовать англ. язык.

Другие важные издания: Карякин Ю. В., Ангелов И. И., Чистые химические вещества, 4 изд., М., 1974; Неорганическая химия. Энциклопедия школьника, М., 1975; Руководство по неорганическому синтезу, пер. с англ., т. 1–6, М., 1985–86; Свойства элементов, М., 1985; Зайцев И. Д., Асеев Г. Г., Физико-химические свойства бинарных и многокомпонентных растворов неорганических веществ, М., 1988; Эмсли Дж., Элементы, пер. с англ., М., 1993; Mellor J., Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry, 2 ed., v. 1–16, L. – N. Y. – Toronto, 1946–48 (Suppl. 1956, 1962, 1970); Encyclopedia of Chemical Reactions, ed. C. Jacobson, v. 1–8, N. Y., 1946–59 (включает описание ок. 20 тыс. р-ций); Brauer G., Handbuch der präparativen anorganischen Chemie, 3 Aufl., Stuttg., 1975.

Издания по органической и биоорганической химии. Фундам. изданием на протяжении более 100 лет является справочник Ф. Ф. Бейльштейна («Handbuch der organischen Chemie»), вышедший при жизни автора тремя изданиями (в 1881–82, 1885–89, 1892–99). Выпуск 4-го изд., к-рым химики всего мира пользуются и сейчас, осуществляется в Бейльштейновском ин-те (ФРГ, Франкфурт-на-Майне). Справочник состоит из основной серии (31 том, 1918–40), включающей сведения о 144 тыс. соед. и охватывающей литературу по 1910, и 4-х дополнительных (одновременно с IV серией выходят тома V серии на англ. языке):

Серия	Сокр. обозначение	Обработана литература, за годы	Цвет наклейки
Основная	Н	До 1909	Зеленый
Дополнительные			
I	ЕI	1910–19	Темно-красный
II	ЕII	1920–29	Белый
III	ЕIII	1930–49	Голубой
III/IV	ЕIII/IV	1930–59	Голубой, черный
IV	ЕIV	1950–59	Черный
V	ЕV	1960–79	Красный

СХЕМА СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПОИСКА ПО СПРАВОЧНИКУ БЕЙЛИШТЕЙНА



* При возможности таутомерии проверить по всем таутомерам. ** Если при гидролизе образуется два орг. продукта, место регистрации определяет старший из них.

*** Либо серы, селена, теллура.

Вместе с дополнениями 4-е изд. насчитывает св. 300 томов общим объемом ок. 200 тыс. страниц; ежегодно выходят примерно 17 томов объемом ок. 900 печатных листов. Справочник содержит описания всех орг. соед., к-рые получены достаточно чистыми и строение к-рых известно (каждое соед. имеет порядковый номер и наз. регистрантом). Вслед за назв. приводятся: суммарная (эмпирическая) и структурная ф-лы, пути образования в-ва и его хим. превращения под действием физ. агентов (теплоты, света, электричества), а затем неорг. и орг. реагентов; фактич. данные сопровождаются ссылками на оригинальную литературу. Поиск нужного соед. можно проводить с помощью формульного и предметного указателей или систематич. схемы (рис.). С 1989 начал создаваться

автоматизир. банк данных по разделу гетероциклич. соединений.

Другие издания: Справочник химика, ч. 1–3, Донецк, 1972–74 (содержит сведения об орг. соед., в т.ч. синтетич. красителях); Вацуро К.В., Мищенко Г.Л., Именные реакции в органической химии, М., 1976; Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, т. 1–7, пер. с англ., М., 1970–78; Биохимический справочник, К., 1979; Номенклатура ферментов, пер. с англ., М., 1979; Мусил Я., Новакова О., Кунц К., Современная биохимия в схемах, пер. с англ., М., 1981; Мищенко Г.Л., Вацуро К.В., Синтетические методы в органической химии, М., 1982; Свойства органических соединений, под ред. А.А. Потехина, Л., 1984; Реакции и методы исследования органиче-

ских соединений (РИМИОС), т. 1–26, М.–Л., 1959–86; Справочник биохимика, пер. с англ., М., 1989; Elsevier's Encyclopedia of Organic Chemistry, v. 1–20, N. Y., 1940–49; Organic Reactions, v. 1–, ed. R. Adams, N. Y.–L., 1947 – (часть томов серии выпущена в пер. на рус. язык под назв. «Органические реакции», сб. 1–9, М., 1948–59); Theilheimer W., Synthetic Methods of Organic Chemistry, N. Y., 1947 – (практический ежегодник; общее число р-ций составляет уже ок. 20 тыс.); Dictionary of Organic Compounds, v. 1–4, 2 ed., L., 1953 (издание 1946 в 3 томах воспроизведено в СССР фотокопированием под назв. «Словарь органических соединений», М., 1949); Houben–Weyl, Methoden der organischen Chemie, Bd 1–16, 4 Aufl., Stuttgart, 1958–86 (приведены только наиб. важные, дающие хорошие результаты методы; 2-й том, посвященный анализу орг. соед., издан на рус. языке в 1967); Advances in Heterocyclic Chemistry, ed. A. R. Katritzky, v. 1–, N. Y.–L., 1963–; Rodd's Chemistry of Carbon Compounds, v. 1A–1F; ПА–ПЕ; ША–ШН; IVA–IVE, 2 ed., ed. S. Coffey, Amst.–N. Y., 1964 (описаны классы соед.); Timmermans J., Physico-Chemical Constant of Pure Organic Compounds, v. 1–2, N. Y., 1950–65; Pouchert C. [e. a.], The Aldrich Library of NMR Spectra, v. 1–11, Milwaukee, 1974; Brockhaus ABC, Biochemie, Lpz., 1975; Practical Organic Microanalysis, Recommended Methods of Determining Elements and Groups, N. Y., 1980; Concise Encyclopedia of Biochemistry, B.–N. Y., 1983; Ring Systems Handbook, v. 1–4, Columbus, 1984 (охватывает более 60 тыс. циклич. систем); Data for Biochemical Research, 3 ed., Oxf., 1986.

Издания по полимерным материалам. Представляют интерес: Энциклопедия полимеров, т. 1–3, гл. ред. В. А. Каргин, М., 1972–77; Махлис Ф. А., Федюкин Д. Л., Терминологический справочник по резине, М., 1989; Кривошей В. Н., Тара из полимерных материалов, М., 1990; Шефтель В. О., Вредные вещества в пластмассах, М., 1991; Encyclopedia of Polymer Science and Technology. Plastics, Resins, Rubbers, ed. H. Mark, v. 1–16, N. Y., 1964–72 (начат выпуск 2 изд.); Polymer Handbook, 2 ed., N. Y., 1975; Handbook of Plastics and Elastomers, ed. C. Harper, N. Y., 1975; Handbook of Chromatography. Polymers, N. Y., 1982.

Издания по химической технологии и прикладной химии. Среди них важны: Энциклопедия неорганических материалов, т. 1–2, К., 1976–77; Справочник нефтехимика, т. 1–2, Л., 1978; Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки, 3 изд., М., 1979; Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества, Л., 1984; Рахмилевич З. З., Радзин И. М., Фарамазов С. А., Справочник механика химических и нефтехимических производств, М., 1985; Справочник нефтепереработчика, Л., 1986; Справочник азотчика, 2 изд., М., 1987; Калинин Э. Л., Саковцева М. Б., Выбор пластмасс для изготовления и эксплуатации изделий, Л., 1987; Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение, М., 1988; Топлива, смазочные материалы, технические жидкости, М., 1989; Коррозионная стойкость оборудования химических производств. Производство пластмасс, Л., 1989; то же, Нефтеперерабатывающая промышленность, Л., 1991; Справочник инженера-химика, пер. с англ., 6 изд., под ред. Р. Перри, кн. 1–4, М., 1991; Trope's Dictionary of Applied Chemistry, v. 1–12, 4 ed., L., 1973; Encyclopedia of Industrial Chemical Technology, v. 1–20, eds. F. Snell, L. Etre, N. Y., 1966–74 (посвящена пром. методам хим. анализа). Ullmann's Encyclopädie der technischen Chemie, 4 Aufl., Bd 1–25, Weinheim, 1972–84; Kirk–Othmer (ed.), Encyclopedia of Chemical Technology, v. 1–24 (and Index vol.), 3 ed., N. Y., 1978–84; Chemie und chemische Technik, B., 1987.

Издания по охране окружающей среды. Представляют интерес: Вредные вещества в промышленности, под общей ред. Н. В. Лазарева, Э. Н. Левиной, т. 1–3, 7 изд., Л., 1976–77; то же, Органические вещества. Новые данные 1974–1984 гг., Л., 1985; Беспамятнов Г. П., Кротов Ю. А., Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде, Л., 1985; Грушко Я. М., Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1986; егo же, Вредные неорганические соедине-

ния в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1988; Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп, Л., 1988; то же, Неорганические соединения V–VIII групп, Л., 1989; то же, Радиоактивные вещества, Л., 1990; то же, Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов, Л., 1990; то же, Азотсодержащие органические соединения, Л., 1991; Дмитриев М. Т., Казнина Н. И., Пинигина И. А., Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде, М., 1989; Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения, кн. 1–2, М., 1990; Encyclopedia of Environmental Science and Engineering, ed. J. Pfaffin, G. Ziegler, v. 1–2, N. Y.–L.–P., 1976.

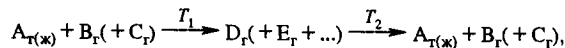
Сведения по хим. наукам, технологии и технике включались ранее и приводятся сейчас также в др. изданиях, напр.: в универсальных – Большая Советская энциклопедия, 3 изд., т. 1–30, М., 1969–78 (более 4 тыс. статей по осн. проблемам теоретич. и прикладной химии); в собственно научно-технических – Химико-технический справочник, т. 1, 3–5, П.–Л., 1918–32; Техническая энциклопедия. Справочник физических, химических и технологических величин, под ред. Л. К. Мартенса, т. 1–10 и предметный указатель, М., 1927–36; Конструкционные материалы, т. 1–3, М., 1963–65; Политехнический словарь, 3 изд., М., 1989; Lueger Lexikon der Technik, 4 Aufl., Bd 1–17, Stuttgart, 1960–72; McGraw–Hill Encyclopedia of Science and Technology, 3 ed., v. 1–15, N. Y., 1971 – (пополняется ежегодниками) и т. д.

В ряде изданий помещены краткие биографии ученых-химиков (напр., Серрей А., Справочник по органическим реакциям, пер. с англ., М., 1962). Известны также многочисленные собственно биографич. издания: Волков В. А., Вонский Е. В., Кузнецова Г. И., Выдающиеся химики мира, М., 1991; McGraw–Hill Modern Men of Science, v. 1–2, N. Y., 1966–68; Dictionary of Scientific Biography, ed. by Ch. Gillispie, v. 1–15, N. Y., 1970–78; American Chemists and chemical Engineers, ed. W. Miles, Wash., 1976; World who's who in science, ed. A. Debus, Chi., 1988.

Лит.: Дубинская А. М., Призмент Э. Л., Химические энциклопедии, в кн.: Большая Советская энциклопедия, 3 изд., т. 28, М., 1978, с. 273–74; ил. же, Химические энциклопедии, в кн.: Химический энциклопедический словарь, М., 1983, с. 649–50; Потапов В. М., Кочетова Э. К., Химическая информация. Где и как искать химику нужные сведения, М., 1988, с. 23–50, 180–82.

Э. К. Кочетова.

ХИМИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РЕАКЦИИ (хим. транспорт), обратимые гетерогенные р-ции, сопровождающиеся транспортом исходного твердого или жидкого в-ва из одной температурной зоны в другую в результате образования, переноса и послед. разложения газообразных промежуточ. в-в. Описываются общим ур-нием:



где индексы «т», «ж» и «г» обозначают соотв. твердое в-во, жидкость и газ.

Х. т. р. проводят в герметичных аппаратах или запаиваемых ампулах, имеющих зоны с т-рой T_1 , где исходное в-во А превращается в летучее в-во D (или смесь летучих в-в D и E), и с т-рой T_2 , где в-во А вновь образуется в результате термич. разложения в-ва D или его взаимод. с E. Движущая сила процесса – разность равновесных парциальных давлений газообразного в-ва D (давлений E или B) в первой и второй зонах, к-рая определяется величинами T_1 и T_2 , а также градиентом т-р ΔT между зонами.

Возможность протекания Х. т. р. и направление транспорта определяются термодинамич. параметрами р-ции при т-рах T_1 и T_2 . Если энтальпия р-ции близка к нулю или очень велика, хим. транспорт не происходит. При малых значениях энтропии р-ции направление транспорта зависит от знака энтальпии р-ции. Как правило, в случае экзотермич. р-ций транспорт осуществляется в зону с большей т-рой ($T_1 < T_2$), в случае эндотермич. р-ций – в зону с меньшей т-рой ($T_1 > T_2$). Транспорт наиб. эффективен, когда при т-рах между T_1 и T_2 константа равновесия р-ции равна единице, а энергия Гиббса – нулю.

Перенос промежут. в-в между зонами осуществляется в результате молекулярной диффузии, естеств. или вынужденной конвекции. Поскольку чаще используют диффузию, процесс проводят под разрежением (общее давление 100–1000 Па). Градиент т-р составляет 5–1000 К, длительность процесса – от неск. часов до неск. недель.

Х. т. р. могут сопровождаться эффективной очисткой исходного твердого в-ва от примесей (если условия их хим. транспорта сильно отличаются от таковых для этого в-ва) или получением его в виде монокристалла. Одной из стадий Х. т. р. может быть *химическое осаждение из газовой фазы* (напр., осаждение А из смеси газообразных D и E).

По своей сущности к Х. т. р. близки *гидротермальные процессы*, с той лишь разницей, что в-ва В, С, D и Е являются в этом случае не летучими, а р-римыми.

Х. т. р. применяют для очистки редких (Zr, Hf) и цветных (Ti, Al) металлов, полупроводников (Si); для получения объемных и нитевидных монокристаллов, монокристаллич. пленок; в галогенных электр. лампах с большим сроком службы. Они протекают как побочные процессы в ходе нек-рых технол. операций и встречаются в природе (хим. транспорт В₂O₃ в фуларолах под действием паров H₂O).

Лит.: Шефер Г., *Химические транспортные реакции*, М., 1964; Роуленд Р. Ф., *Иодидные металлы и иодиды металлов*, пер. с англ., М., 1968; Oppermann H., «Wiss. und Fortschr.», 1980, Bd 30, № 1, 23–27; Work D. E., «J. Electrochem. Soc.», 1980, v. 127, № 8, p. 401.

Э. Г. Раков, З. Б. Мухаметшина.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, см. *Элементы химические*.
ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, совокупность действий, цель к-рых получение информации о хим. составе материальных тел, а также об их строении (структуре). Под хим. составом понимают вид и кол-во элементов или их соед. в анализируемом объекте и форму, в к-рой они присутствуют. Под строением в-в понимают порядок и пространств. расположение составляющих их структурных единиц (молекул, атомов, ионов). Термин «хим. анализ» введен Р. Бойлем в 1661, однако анализ. определения проводились с древнейших времен, а руководство по анализу разл. объектов появились значительно раньше 17 в.

В зависимости от поставленной задачи различают элементный (установление элементного состава), молекулярный (определение хим. соед., напр. оксидов в газовой смеси, орг. в-в в сточных водах), вещественный (установление и определение разных форм существования элемента и его соед., напр. в разных степенях окисления), структурно-групповой (определение функц. групп орг. соединений), фазовый (анализ включений в неоднородном объекте, напр. в минерале), изотопный анализ. Строение в-в устанавливают гл. обр. физ. и физ.-хим. методами анализа, напр. методами *структурного анализа*.

Х. а. составляет прикладной аспект *аналитической химии*. Он включает ряд последоват. стадий, обеспеченных соответствующими методами: пробоотбор, пробоподготовка, в т. ч. разделение компонентов, обнаружение (идентификация), определение, обработка результатов измерений. Существуют также гибридные методы, сочетающие разделение и определение (напр., в хроматографии), или пробоподготовку, разделение и определение (напр., при гравиметрич. определении кремния).

Конкретное воплощение методов находят в методике – подробном описании всех процедур на каждой стадии анализа определенного объекта. Для осуществления методики используют приборы, реактивы, стандартные образцы, программы для ЭВМ и др.

Наиб. значение имеют методы обнаружения и особенно определения. Все они основаны на зависимости между хим. составом в-ва и к.-л. его хим. или физ. св-вом. Св-ва, не зависящие от кол-ва в-ва, напр. положение линии в спектре, лежат в основе методов обнаружения (качественный анализ); св-ва, функционально связанные с кол-вом (или концентрацией) в-ва, напр. интенсивность спектральной линии, – в основе методов определения (количественный анализ). Помимо пары качественной–количественной, можно выделить др. пары видов анализа: валовый–локальный, разрушающий–не разрушающий, контактный–дистанционный, дискретный–непрерывный и т. д.

По характеру аналит. сигнала методы определения делят на химические, основанные на взаимодействии в-в друг с другом (хим. р-ции и процессы) и физические, основанные на взаимодействии в-ва с потоком энергии. Деление условно – многие методы можно отнести и к той и к другой группе, напр. в фотометрич. методах часто используют р-цию образования окрашенного соединения, а аналит. сигнал получают при взаимодействии этого соед. с электромагн. излучением. Иногда такие методы называют физ.-химическими. Часто физ. и физ.-хим. методы объединяют под назв. «инструментальный анализ». К отдельной группе относят биол. методы, основанные на явлениях, наблюдаемых в живой природе.

Х. а. – основная задача аналит. службы – сети сервисных лабораторий, к-рые обеспечивают контроль хим. состава продуктов произ-ва, сырья, природных и сточных вод, биомасс (клинич. анализ), предметов искусства и др. Для выполнения этих задач используют спец. нормативы (методич. указания, стандарты, фармакопеи). Пром. Х. а. бывает непрерывным и выборочным, констатирующим и экспрессным (результаты его используют для немедленной корректировки технол. процесса). Х. а. все больше автоматизируется (см. *Автоматизированный анализ*). Важное значение приобретают дистанционные (анализ на расстоянии) и неdestructивные (без разрушения объекта) методы.

Х. а. – существ. часть нормального функционирования ведущих отраслей народного хозяйства, систем охраны природы и здоровья, оборонного комплекса, развития смежных областей знания.

Лит.: Золотов Ю. А., *Очерки аналитической химии*, М., 1977; Шаевич А. Б., *Аналитическая служба как система*, М., 1981; Золотов Ю. А., *Аналитическая химия: проблемы и достижения*, М., 1992. Е. Н. Дорохова.

ХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ, термодинамич. параметр μ , характеризующий состояние хим. и фазового равновесия в макроскопич. системе. Наряду с давлением p , т-рой T и др. параметрами Х. п. относится к интенсивным величинам, т. к. не зависит от массы системы (см. *Параметры состояния*). Наиб. употребительно определение Х. п. i -го компонента как первой производной энергии Гиббса G системы по числу молей n_i этого компонента при постоянстве чисел молей всех остальных компонентов, т-ры T и давления p :

$$\mu_i = \left(\frac{\partial G}{\partial n_i} \right)_{T, p, n_{j \neq i}} \quad (1)$$

Поскольку для энергии Гиббса числа молей компонентов n_1, \dots, n_k (k – число компонентов в системе) являются единственными экстенсивными переменными, справедливо соотношение:

$$G = \sum_{i=1}^k n_i \mu_i \quad (2)$$

Т. обр., по определению, Х. п. есть *парциальная молярная энергия Гиббса* (см. *Парциальные молярные величины*). Для однокомпонентной системы $\mu_1 = G/n_1$, т. е. Х. п. равен молярной энергии Гиббса.

Возможно определение Х. п. i -го компонента как изменение любого другого термодинамич. потенциала при изменении числа молей n_i – энергии Гельмгольца F , энтальпии H , внутр. энергии U :

$$\mu_i = \left(\frac{\partial F}{\partial n_i} \right)_{T, V, n_{j \neq i}} = \left(\frac{\partial H}{\partial n_i} \right)_{p, S, n_{j \neq i}} = \left(\frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{T, p, V, S}$$

где V – объем системы, S – энтропия. Однако соотношение типа (2) для потенциалов F , U и H не имеют места.

В состоянии *термодинамического равновесия* однофазной системы каждый из компонентов характеризуется одним и тем же Х. п. во всем объеме. Для r -фазной системы *фазовое равновесие* определяется условиями:

$$\begin{aligned} \mu_1^I &= \mu_1^{II} = \dots = \mu_1^r \\ &\dots \dots \dots \\ \mu_k^I &= \mu_k^{II} = \dots = \mu_k^r \end{aligned}$$

то есть X . п. любого из компонентов одинаков во всех фазах, где данный компонент присутствует. Если для двух фаз 1 и 2 $\mu_1^0 > \mu_2^0$, имеет место перенос компонента из фазы 1 в фазу 2. Если такой перенос невозможен, напр. из-за разделения фаз не проницаемой для компонента мембраной, между фазами 1 и 2 возникает осмотич. давление (см. *Осмос*).

В системе, где между компонентами A_i (исходные в-ва) происходит хим. р-ция с образованными компонентами B_j (продукты) типа $\sum_i \nu_i \mu_{A_i} \rightleftharpoons \sum_j \nu_j \mu_{B_j}$ (ν_i, ν_j — стехиометрич. коэф.),

устанавливается *химическое равновесие*, если выполняется условие:

$$\sum_j \nu_j \mu_{B_j} - \sum_i \nu_i \mu_{A_i} = 0.$$

Если $\sum_i \nu_i \mu_{A_i} > \sum_j \nu_j \mu_{B_j}$, в системе увеличивается содержание продуктов B_j (прямая р-ция); если $\sum_i \nu_i \mu_{A_i} < \sum_j \nu_j \mu_{B_j}$, продукты

р-ций превращаются в исходные в-ва (обратные р-ции). Величина $A = \sum_j \nu_j \mu_{B_j} - \sum_i \nu_i \mu_{A_i}$ наз. *химическим сродством* данной р-ции.

Важнейшей термодинамич. закономерностью является концентрационная зависимость X . п. В случае идеального газа X . п. определяется парциальным давлением компонента i согласно ур-нию:

$$\mu_i = \mu_{i,1}^0 + RT \ln p_i,$$

где R — универс. газовая постоянная.

Для реальных систем подобная форма записи концентрации X . п. получается при использовании летучести компонента f_i (реальные газы) или термодинамич. активности a_i (р-ры):

$$\mu_i = \mu_{i,2}^0 + RT \ln f_i; \quad \mu_i = \mu_{i,3}^0 + RT \ln a_i.$$

Для идеального р-ра справедливо соотношение:

$$\mu_i = \mu_{i,4}^0 + RT \ln x_i,$$

где x_i — молярная доля i -го компонента. В этих соотношениях $\mu_{i,1}^0, \mu_{i,2}^0, \mu_{i,3}^0, \mu_{i,4}^0$ — X . п. i -го компонента в определенном образом выбранном *стандартном состоянии* [в стандартном состоянии p_i (или f_i, a_i, x_i) равно 1].

Особый случай представляют электрохим. системы, где присутствуют заряженные частицы, а в потенциалы G, H, F, U для данной фазы вносит вклад электростатич. энергия ϕe (e — заряд фазы, ϕ — внутр. потенциал фазы). Для таких систем X . п. заменяется во всех ур-ниях на *электрохимический потенциал* $\bar{\mu}_i$:

$$\bar{\mu}_i = \mu_i + \Phi z_i \phi,$$

где z_i — *зарядовое число* частиц сорта i , Φ — постоянная Фарадея.

В *статистической термодинамике* для определения X . п. используется соотношение:

$$\left(\frac{\partial k \ln W}{\partial N_i} \right)_{E, V, N_j} = - \frac{\mu_i}{T},$$

где W — термодинамич. вероятность, k — постоянная Больцмана, N_i — число частиц сорта i , N_j — числа всех остальных частиц.

Термодинамич. вероятность $W(E, N_1, \dots, N_k)$ равна числу возможных состояний системы, при к-рых последняя обладает внутр. энергией E и содержит N_1, \dots, N_k частиц соответствующих сортов. Равновесие двух систем A и B , определенное равенством X . п. $\mu_1^A = \mu_1^B, \dots, \mu_k^A = \mu_k^B$ и условием $T_A = T_B$, соответствует наиб. вероятному распределению энергии E между A и B . Если система B представляет собой обширный тепловой резервуар ($E_B \gg E_A$) и обширное хранилище частиц ($N_B^i \gg N_A^i$), X . п. и т-ра определяют плотность вероятности нахождения системы A в состоянии с заданной энергией при

заданных числах частиц всех сортов (большое канонич. распределение Гиббса).

Понятие X . п. может быть использовано для характеристики локального термодинамич. равновесия системы, к-рая в целом неравновесна. При локальном равновесии малые элементы объема приблизительно рассматриваются как равновесные и учитывается обмен энергией (энтропией) между ними. Локальное термодинамич. равновесие — одно из основных понятий термодинамики неравновесных процессов.

X . п. используется в ряде соотношений физ. химии. Среди них:

1) ур-ние Гиббса—Дюгема для однофазной k -компонентной системы при постоянных давлении и т-ре:

$$\sum_i n_i d\mu_i = 0.$$

2) Ур-ние, связывающее константу равновесия хим. р-ции K и изменение стандартной энергии Гиббса ΔG_f° :

$$\Delta G_f^\circ = \sum_i \nu_i \mu_i^0 = -RT \ln K,$$

где ν_i — стехиометрич. коэф. в-в, участвующих в р-ции.

3) Ур-ние, связывающее поверхностное натяжение σ с адсорбциями компонентов $\Gamma_1, \dots, \Gamma_i$:

$$d\sigma = - \sum_i \Gamma_i d\mu_i.$$

X . п. выражают в Дж/моль (в статистич. термодинамике — в Дж/частица). Термин введен Дж. Гиббсом в 1874–78.

Лит. см. при ст. *Статистическая термодинамика*, *Химическая термодинамика*.

ХИМИЧЕСКИЙ СДВИГ, см. *Мёссбауэровская спектроскопия*, *Рентгеноэлектронная спектроскопия*, *Ядерный магнитный резонанс*.

ХИМИЧЕСКИЙ ЭКВИВАЛЕНТ, см. *Эквивалент химический*.

ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ТЕОРИЯ, см. *Органическая химия*.

ХИМИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ, боеприпас (боевая часть ракеты, снаряд, мина, авиационная бомба и др.), снаряженный боевым отравляющим в-вом (ОВ) и предназначенный для поражения живой силы, заражения местности, техники, вооружения. В соответствии с международным правом (Парижская конвенция, 1993) под X . о. подразумевают также каждую из его составных частей (боеприпас и ОВ) в отдельности. Т. наз. бинарное X . о. представляет собой боеприпас, комплектуемый двумя или неск. контейнерами, содержащими негтоксичные компоненты. Во время доставки боеприпаса к цели контейнеры вскрываются, их содержимое перемешивается и в результате хим. р-ции между компонентами образуется ОВ.

X . о. — один из типов оружия массового поражения, применение к-рого приводит к поражениям разл. степени тяжести (от вывода из строя на неск. минут до летального исхода) только живой силы и не поражает технику, вооружение, имущество. Действие X . о. основано на доставке ОВ к цели; переводе ОВ в боевое состояние (пар, аэрозоль разл. степени дисперсности) взрывом, распылом, пиротехн. возгонкой; распространении образовавшегося облака и воздействии ОВ на живую силу.

X . о. предназначено для использования в тактич. и оперативно-тактич. зоне боевых действий; способно эффективно решать ряд задач в стратегич. глубине.

Эффектность X . о. зависит от физ.-хим. и токсикологич. св-в ОВ, конструктивных особенностей ср-ва применения, обеспеченности живой силы ср-вами защиты, своевременности перевода в боевое состояние (степени достижения тактич. внезапности использования X . о.), метеоусловий (степень вертикальной устойчивости атмосферы, скорость ветра). Эффективность X . о. в благоприятных условиях существенно выше эффективности обычных ср-в поражения, особенно при воздействии на живую силу, расположенную в открытых инженерных сооружениях (окопы, траншеи), негерметизир. объектах техники, зданиях и сооружениях. Заражение техники,

вооружения, местности приводит к вторичным поражениям находящихся на зараженных участках живой силы, сковыванию ее действий и изнурению вследствие необходимости длительное время находиться в ср-вах защиты.

На 1993 суммарное кол-во Х. о. в России (по массе ОВ) составляло 40,02 тыс. т (фосфорорг. ОВ 32,3 тыс. т; люизит, иприта и их смесей 7,72 тыс. т); в США – 29 тыс. т (из них фосфорорг. ОВ 10,5 тыс. т, иприта 15,8 тыс. т). Официально о неoblладании Х. о. заявили Великобритания, Франция, Италия, Япония и др. страны.

Защита от Х. о.: индивидуальные (*защитная одежда, противогазы*), коллективные (герметич. объекты, оборудованные фильтровентиляц. установками) ср-ва, своевременная дегазация, мед. ср-ва (*антидоты*).

Объявив себя правопреемником СССР, Россия в 1992 официально сняла с себя оговорки СССР в отношении Женевского протокола (1925; см. *Отравляющие вещества*), в т. ч. и о возможном ответном использовании Х. о. В январе 1993 Россия подписала Парижскую конвенцию о запрещении разработки, производства, накопления и применения Х. о. и о его уничтожении. В частности, в соответствии с этой конвенцией каждое государство-участник обязуется никогда, ни при каких обстоятельствах: 1) не разрабатывать, не производить, не приобретать иным способом, не накапливать или не сохранять Х. о.; 2) не применять Х. о.; 3) не проводить любых военных приготовлений к применению Х. о.; 4) не помогать, не поощрять или не побуждать к-л. образом кого бы то ни было к любой деятельности, запрещенной государству-участнику по этой конвенции.

Кроме того, каждое государство-участник обязуется не использовать хим. ср-ва борьбы с внутр. беспорядками в качестве ср-в ведения войны.

Конвенция также предусматривает, что все существующие запасы Х. о. подлежат уничтожению под строгим международным контролем. Уничтожение начинается не позже, чем через 2 года, и заканчивается не позднее, чем через 10 лет после вступления конвенции в силу. Уничтожению подлежат и объекты по производству Х. о.

Согласно конвенции, каждое государство определяет, каким образом оно будет уничтожать свое Х. о., однако для этого не м. б. использовано затопление в водоемах, захоронение в земле или сжигание на открытом воздухе.

Уничтожение Х. о. должно осуществляться на спец. объектах, к-рые в связи с возможным вредным воздействием на природу и человека относятся к особо опасным. В России практически отсутствуют нормативные требования к выбору места размещения таких объектов, учитывающие не только техн., но и социально-психологич. аспекты этой проблемы.

Удаление особо опасных хим. предприятий (в т. ч. по уничтожению Х. о.) от населенных пунктов и др. объектов м. б. оценено радиусами экологич. и аварийной безопасности. Первый характеризует такое удаление от объекта, за пределами к-рого на население и окружающую среду не оказывается никакого отрицат. влияния при штатном функционировании объекта (это удаление м. б. коррелировано с размерами санитарно-защитной зоны). Радиус аварийной безопасности – удаление от объекта, за пределами к-рого в случае любой проектной аварии (напр., целенаправленной диверсии) на окружающее население и природную среду не оказывается никакого отрицат. воздействия и не требуется никаких мероприятий, связанных с ликвидацией последствий этой аварии.

Анализ опыта создания объектов, близких по опасности к объектам уничтожения Х. о., показал, что наряду с радиусами экологич. и аварийной безопасности необходимо также учитывать радиус т. наз. психологич. безопасности (характеризует удаление от потенциально опасного объекта, за пределами к-рого население не связывает состояние своего здоровья, свою безопасность и экологич. чистоту района с функционированием данного объекта). Этот радиус обычно на 1–2 порядка больше радиуса аварийной безопасности и может составлять сотни километров.

Полагают, что объекты по уничтожению Х. о. должны быть удалены от населенных пунктов на 25–175 км (в зависимости от численности населения); от нефте-, газо-, продуктопрово-

дов, магистральных железных дорог, газо-, нефтехранилищ – на 10–20 км; от атомных электростанций, аэродромов, курортных зон, заповедников – на 50–100 км.

Процесс уничтожения Х. о. содержит неск. осн. стадий, к-рые м. б. разнесены по времени и месту. К ним относятся: хранение ОВ, транспортирование Х. о. к месту уничтожения, расснаряжение боеприпасов (емкостей) и детоксикация ОВ, транспортировка и уничтожение реакц. масс, захоронение твердых отходов.

При разработке технологий уничтожения Х. о. в России рассматривается возможность утилизации продуктов его переработки. При уничтожении фосфорорг. ОВ отработана двухстадийная технология. На первой стадии осуществляется хим. р-ция, в результате к-рой образуются нетоксичные продукты (щелочной гидролиз, окислит. хлорирование и алкоганизация), во второй – проводится термич. дегазация корпусов боеприпасов и уничтожение нетоксичных реакц. масс. Возможно их сжигание с послед. захоронением твердых отходов на спец. полигонах, а также битумизация реакц. масс с послед. утилизацией или захоронением. Полной утилизации в металл подлежат корпуса хим. боеприпасов после их термич. дегазации и переплавки.

Отработана также одностадийная технология, основанная на термич. разложении ОВ, боеприпасов малого калибра без их предварит. вскрытия, что исключает наличие реакц. масс.

Большое внимание уделяется технологии утилизации люизита. Целесообразность такого подхода обусловлена присутствием в нем мышьяка (36% по массе), что позволяет рассматривать данное в-во как источник As для нужд разл. отраслей пром-сти, прежде всего, радиоэлектронной. Исследуются технология, включающая щелочной гидролиз люизита с послед. электролизом реакц. массы. Этот способ имеет замкнутый цикл по водным средам и осуществляется без образования твердых и жидких отходов. Рассматривается также метод утилизации люизита путем его восстановления водородом с получением металлич. мышьяка (в одну стадию), а также технология, одной из стадий к-рой является алкоганизация люизита. Разработана и апробирована технология уничтожения люизита путем его взаимод. с серой с образованием нерастворимых масс, подлежащих захоронению на спец. полигонах.

В США в качестве основной принята технология, включающая сжигание ОВ на спец. установке (на одном из атоллов в Тихом океане). Существенный недостаток этой технологии – возможность выброса компонентов топливной смеси, ОВ и продуктов их сгорания. Разработана также одностадийная технология уничтожения ОВ, содержащих P, S, As и др., в солевом расплаве. Необходимая законодат. база, позволяющая решать проблему уничтожения Х. о., была принята в этой стране к нач. 70-х гг.

Уничтожение Х. о. производилось и ранее, напр., в связи с ухудшением его боевых св-в при хранении. Мероприятия по уничтожению Х. о. были обычно связаны с нанесением ущерба окружающей среде, в т. ч. здоровью людей.

К кон. второй мировой войны запасы Х. о. (по массе ОВ) составляли в США 135 тыс. т, в Великобритании – 108 тыс. т. После капитуляции Германии на Потсдамской конференции в 1945 странами Тройственного союза (Великобритания, СССР, США) было принято решение об уничтожении всех запасов трофейного немецкого Х. о., к-рые составили 311 тыс. т. Его уничтожение осуществлялось без достаточного учета требований экологии в местах хранения и затоплением в море. Великобритания и США затопили часть Х. о. на внешнем рейде города Кили.

В СССР трофейное немецкое Х. о. уничтожалось сжиганием в местах хранения в спец. печах и в открытых котлованах, подрывом хим. артиллерийских снарядов и авиабомб, переработкой ОВ и полупродуктов их получения для использования в мирных целях, затоплением в Балтийском море (до 60% от всего кол-ва Х. о.).

Лит.: Защита от оружия массового поражения, М., 1989; «Росс. хим. журнал. Ж. Росс. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева», 1993, т. 37, № 3; то же, 1994, т. 38, № 2; National implementation of the future chemical weapons convention, ed. by T. Stock, R. Sutherland, Oxf., 1990.

И. Б. Евстафьев, В. И. Холстов.

ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ, получение твердых в-в р-циями с участием газообразных соединений. По механизму р-ций подразделяется на 4 вида: 1) термич. разложение или диспропорционирование газообразных соед., напр. $\text{SiH}_4 \longrightarrow \text{Si}$, $\text{ZrI}_4 \longrightarrow \text{Zr}$, $\text{Ni}(\text{CO})_4 \longrightarrow \text{Ni}$, $\text{AlF}_3 \longrightarrow \text{Al}$, $\text{MR}_n \longrightarrow \text{M}$, где М – металл, R – орг. радикал; 2) взаимод. двух или более газообразных в-в, напр. $\text{WF}_6 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{W}$, $\text{SiCl}_4 + \text{NH}_3 \longrightarrow \text{Si}_3\text{N}_4$, $\text{UF}_6 + \text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{UO}_2$; 3) пиролиз газообразных углеводородов (отличается многостадийностью и разветвленностью); 4) взаимод. газообразных в-в с твердыми (контактное осаждение), напр.: $\text{WF}_6 + \text{Si} \longrightarrow \text{W}$. Наиб. многочисленны р-ции второго вида. Р-ции поглощения газообразных оксидов или галогенидов твердыми в-вами (типа $\text{CaO} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3$, $\text{NaF} + \text{HF} \longrightarrow \text{NaHF}_2$) не относят к хим. осаждению из газовой фазы (Х.о.).

Процессы Х.о. проводят при обычном или пониженном давлении. Для активирования используют один из трех осн. методов: термический, фотохим. (включая лазерный) и плазменный.

Как правило, Х.о. проводят на неподвижной подложке. Однако известны конструкции аппаратов для Х.о., в к-рых подложки перемещаются вдоль реакционной зоны, качаются или вращаются в ней, а также находятся во взвешенном состоянии. Это позволяет получать плоские, цилиндрич. и сферич. покрытия, ленты, конусы, нити, стержни и тела произвольной формы, а в сочетании с фотолитографией – сложные микроструктуры (см. *Планарная технология*). Х.о. может протекать в объеме и использоваться для получения порошков (подложками служат зародыши твердых продуктов).

С помощью Х.о. получают ок. 200 в-в, среди к-рых простые в-ва и неорг. соед., а также неск. орг. соединений (напр., разновидности полиэтилена), сплавы металлов, аморфные «сплавы» Si с H, F, Cl и др.

Осн. области применения Х.о.: нанесение функц. слоев проводников, полупроводников и диэлектриков (W, Si, SiO_2 , Si_3N_4 и др.) при произ-ве электронных приборов и схем; нанесение разнообразных защитных и декоративных покрытий на детали машин и аппаратов, на инструменты, нанесение защитных и отражающих оптич. покрытий; изготовление деталей и изделий из тугоплавких в-в, напр. сопел из графита или W для ракетных двигателей; выращивание заготовок для кварцевых оптич. волокон, в т.ч. с переменным по диаметру показателем преломления; произ-во ядерного топлива (микротвэлов); произ-во объемных монокристаллов и «усов» для композиционных материалов; произ-во высокопористых ультрадисперсных порошков (напр., компонентов керамики, наполнителей, адсорбентов). Х.о. может быть одной из стадий *химических транспортных реакций*.

Лит.: Осаждение пленок и покрытий разложением металлоорганических соединений, М., 1981; Королев Ю.М., Столяров В.И., Восстановление фторидов тугоплавких металлов водородом, М., 1981; Сыркин В.Г., Газофазная металлизация через карбонилы, М., 1984; Емашев А.В., Газофазная металлизация тугоплавких соединений, М., 1987; Раков Э.Г., Тесленко В.В., Химия в микроэлектронике. (Химическое осаждение из газовой фазы), М., 1988; Тесленко В.В., «Успехи химии», 1990, т. 59, в. 2, с. 177–96.

Э. Г. Раков, В. В. Тесленко.

ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ, термодинамич. равновесие в системе, между компонентами к-рой происходит хим. р-ции. Для данной р-ции $\sum_i \nu_i A_i \rightleftharpoons \sum_j \nu_j B_j$, где A_i – исходные реагенты; B_j – продукты; ν_i и ν_j – их стехиометрич. коэффициенты соотв., Х.р. достигается при условии:

$$\sum_j \nu_j \mu_j - \sum_i \nu_i \mu_i = 0, \quad (1)$$

где μ_i и μ_j – хим. потенциалы соотв. исходных реагентов и продуктов.

Условие Х.р. может быть выведено из любого условия *термодинамического равновесия*, в частности из условия минимума энергии Гиббса системы $dG_{T,p} = 0$ при постоянных абс. т-ре Т и давлении р.

К условию Х.р. (1) добавляется требование постоянства т-ры и давления по всему объему системы (в случае гетеро-

генных р-ций для Х.р. необходимо, чтобы т-ра и давление были одинаковы во всех фазах системы).

В состоянии Х.р. система характеризуется *константой равновесия* K_a , выражающей для р-ций в р-рах соотношение между активностями a_A исходных реагентов и активностями a_B продуктов:

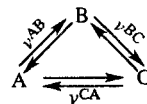
$$K_a = \prod_j a_{B_j}^{\nu_j} / \prod_i a_{A_i}^{\nu_i} \quad (2)$$

(Π – знак произведения). В случае идеальных р-ров вместо активностей компонентов используют их молярные доли x_i . Для р-ций в газах активности в-в заменяют летучестями (константа равновесия K_p); если реагирующую систему можно считать идеальной газовой смесью, вместо летучестей возможно применение парциальных давлений компонентов (константа равновесия K_p). Для идеальных систем соотношение (2) наз. *действующих масс законом*.

Помимо термодинамич. определения Х.р., к-рое выражается соотношением (1), существует и кинетич. определение: Х.р. устанавливается при условиях, когда скорость прямой р-ции (исходные реагенты → продукты) v становится равной скорости обратной превращения (продукты → исходные реагенты) v_{-1} . Константа равновесия

$$K = \frac{k_1}{k_{-1}}, \quad (3)$$

где k_1 и k_{-1} – константы скорости прямой и обратной р-ций соотв. Кинетич. определение подчеркивает динамич. характер Х.р.: при его достижении р-ции в системе не прекращаются. Если в системе происходят несколько связанных между собой хим. р-ций, кинетич. определение Х.р. (3) выполняется, когда справедлив *детального равновесия принцип*, т.е. для каждой из р-ций достигается равенство скоростей в прямом и обратном направлениях. Напр., если в системе протекает циклич. превращение



и $\mu_A = \mu_B = \mu_C$ (термодинамич. условие Х.р.), то обязательно $v_{AB} = v_{BA}$, $v_{BC} = v_{CB}$, $v_{CA} = v_{AC}$ (кинетич. определение).

Отклонение от Х.р. сопровождается изменением состава системы и м.б. выражено *химическим сродством* р-ции Δ. Устойчивость Х.р. определяется условием:

$$\frac{\partial \Delta}{\partial \xi} < 0,$$

где $\partial \xi = \partial n_j / \partial \nu_j$ – степень полноты р-ции, равная отношению изменения числа молей n_j любого из участвующих в р-ции в-в к его стехиометрич. коэф. ν_j .

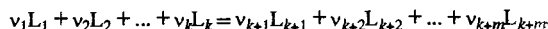
Для нек-рых неравновесных систем м.б. использовано понятие локального Х.р., к-рое устанавливается в мат. объеме системы и соответствует локальным значениям т-ры, давления, хим. потенциалов компонентов.

Важной практич. задачей является термодинамич. расчет Х.р., т.е. определение равновесных составов системы. В соотв. компьютерных программах такой расчет, как правило, выполняется путем прямой минимизации энергии Гиббса системы без использования констант равновесия. Для идеальных систем результатом расчетов являются концентрации хим. в-в в состоянии равновесия, для реальных систем мат. определение концентраций требует дополнительно знания коэф. активности (или летучести).

Лит. см. при ст. *Химическая термодинамика*.

М. В. Корень.

ХИМИЧЕСКОЕ СРОДСТВО (сродство р-ции), термодинамич. системы, характеризующий отклонение от состояния хим. равновесия. Если р-цию записать в виде ур-ния:



где L_1, \dots, L_k – исходные реагенты, L_{k+1}, \dots, L_{k+m} – продукты р-ции, v_1, \dots, v_k и v_{k+1}, \dots, v_{k+m} – стехиометрич. коэф., то Х. с. А равно:

$$A = \sum_{i=1}^k v_i \mu_i - \sum_{j=k+1}^{k+m} v_j \mu_j,$$

где μ_i, μ_j – хим. потенциалы соотв. исходных реагентов и продуктов. В состоянии равновесия

$$\sum_{i=1}^k v_i \mu_i - \sum_{j=k+1}^{k+m} v_j \mu_j = 0, \text{ или } A = 0.$$

При $A > 0$ неравновесное состояние системы характеризуется избытком исходных реагентов и для достижения равновесия р-ция должна идти слева направо; при $A < 0$, наоборот, система содержит избыток продуктов и р-ция должна идти в противоположном направлении. Х. с. равно макс. полезной работе р-ции, взятой со знаком минус. Х. с. определяет собственно хим. процесс, связанный лишь с изменением состава системы и не связанный с работой по преодолению сил внеш. давления (см. *Максимальная работа реакции*).

Единица измерения Х. с. – Дж/моль.

Стандартное Х. с. A^0 определяется соотношением:

$$A^0 = \sum_{i=1}^k v_i \mu_i^0 - \sum_{j=k+1}^{k+m} v_j \mu_j^0,$$

где μ_i^0, μ_j^0 – стандартные хим. потенциалы соотв. реагентов и продуктов (см. *Стандартное состояние*). Стандартное Х. с. связано со стандартным изменением энергии Гиббса ΔG^0 и константой равновесия р-ции K :

$$A^0 = -\Delta G^0 = RT \ln K,$$

где T – абс. т-ра; R – газовая постоянная.

В хим. термодинамике Х. с. рассматривается в сочетании с хим. переменной ξ (наз. также степенью полноты р-ции, числом пробегов р-ции). Если в системе изменение чисел молей компонентов dn_i происходит лишь в результате хим. р-ции (закрытая система), то dn_i связаны соотношением:

$$-dn_1/v_1 = \dots = -dn_k/v_k = dn_{k+1}/v_{k+1} = \dots = dn_{k+m}/v_{k+m} = d\xi.$$

Интегрирование этого соотношения приводит к выражениям:

$$n_i = n_i^0 + \xi v_i, \quad n_j = n_j^0 + \xi v_j,$$

где n_i^0, n_j^0 – соотв. числа молей исходных компонентов и продуктов в начальный момент времени. Эти выражения являются определяющими для хим. переменной ξ . Энергия Гиббса системы

$$G = \sum_{i=1}^{k+m} \mu_i n_i = \sum_{i=1}^{k+m} \mu_i n_i^0 + A\xi.$$

С помощью Х. с. и хим. переменной можно провести термодинамич. описание *закрытой системы*, где обратимо протекает хим. р-ция, способом, отличным от традиционного описания Гиббса. Цель подобного описания – уменьшить число переменных n_i, n_j благодаря учету стехиометрии р-ции. Полные дифференциалы *термодинамических потенциалов* такой системы – внутр. энергии U , энтальпии H , энергии Гиббса G , свободной энергии Гельмгольца F – м. б. представлены в виде ф-л:

$$\begin{aligned} dU &= TdS - pdV - Ad\xi; \\ dH &= Vdp + TdS - Ad\xi; \\ dG &= -SdT + Vdp - Ad\xi; \\ dF &= -pdV - SdT - Ad\xi \end{aligned}$$

(S – энтропия системы; V – объем; p – давление).

Отсюда следует:

$$(\partial G / \partial \xi)_{T,p} = (\partial H / \partial \xi)_{p,S} = (\partial F / \partial \xi)_{V,T} = (\partial U / \partial \xi)_{S,V} = -A,$$

т. е. Х. с. является производной любого термодинамич. потенциала по хим. переменной при постоянстве естеств. перемен-

ных каждого из потенциалов. В этих выражениях член $-Ad\xi$ заменяет сумму $\sum_{i=1}^{k+m} \mu_i dn_i$, используемую при традиционном

(Гиббсовом) описании. При этом вместо числа переменных $(k+m)$ достаточно одной независимой переменной ξ . Если в системе протекает r независимых р-ций, для описания системы нужно ввести r хим. переменных и r величин Х. с. А.

Х. с. и хим. переменную ξ обычно относят к т. наз. внутренним параметрам макроскопич. системы. Это означает, что, во-первых, А и ξ однозначно выражаются через параметры системы (хим. потенциалы, числа молей) и стехиометрич. коэф. и, во-вторых, А и ξ не характеризуют однозначно состояние термодинамич. равновесия ($A = 0$ для всех состояний равновесия). В *термодинамике необратимых процессов* величина A/T рассматривается как обобщенная термодинамич. сила, а скорость хим. р-ции $w = d\xi/dt$ (t – время) – как обобщенный поток. Произведение $(A/T)w$ обуславливает произ-во энтропии в системе вследствие хим. реакции. Вблизи состояния термодинамич. равновесия постулируется связь между w и A/T типа:

$$w = L_{\text{хим}} A/T,$$

коэф. $L_{\text{хим}}$ наз. хим. проводимостью.

Понятие Х. с. введено Т. де Донде в 1922.

Лит. см. при ст. *Термодинамика необратимых процессов*, *Термодинамические потенциалы*. М. В. Коробов.

ХИМИЯ, наука, изучающая строение в-в и их превращения, сопровождающиеся изменением состава и(или) строения. Хим. св-ва в-в (их превращения; см. *Реакции химические*) определяются гл. обр. состоянием внеш. электронных оболочек атомов и молекул, образующих в-ва; состояния ядер и внутр. электронов в хим. процессах почти не изменяются. Объектом хим. исследований являются *элементы химические* и их комбинации, т. е. атомы, простые (одноэлементные) и сложные (молекулы, ионы, ион-радикалы, карбены, свободные радикалы) хим. соед., их объединения (ассоциаты, кластеры, сольваты, клатраты и т. п.), материалы и др. Число хим. соед. огромно и все время увеличивается; поскольку Х. сама создает свой объект; к кон. 20 в. известно ок. 10 млн. хим. соединений.

Х. как наука и отрасль пром-сти существует недолго (ок. 400 лет). Однако хим. знание и хим. практика (как ремесло) прослеживаются в глубинах тысячелетий, а в примитивной форме они появились вместе с человеком разумным в процессе его взаимодействия с окружающей средой. Поэтому строгая дефиниция Х. может основываться на широком, вневременном универсальном смысле – как области естествознания и человеческой практики, связанной с хим. элементами и их комбинациями.

Слово «химия» происходит либо от наименования Древнего Египта «Хем» («темный», «черный» – очевидно, по цвету почвы в долине реки Нил; смысл же назв. – «египетская наука»), либо от древнегреч. *chēmía* – искусство выплавки металлов. Совр. назв. Х. производится от позднелат. *chimia* и является интернациональным, напр. нем. *Chemie*, франц. *chimie*, англ. *chemistry*. Термин «Х.» впервые употребил в 5 в. греч. алхимик Зосима.

История химии. Как основанная на опыте практика, Х. возникла вместе с зачатками человеческого общества (использование огня, приготовление пищи, дубление шкур) и в форме ремесел рано достигла изощренности (получение красок и эмалей, ядов и лекарств). Вначале человек использовал хим. изменения биол. объектов (брожение, гниение), а с полным освоением огня и горения – хим. процессы спекания и сплавления (гончарное и стекольное произ-ва), выплавку металлов. Состав древнеегипетского стекла (4 тыс. лет до н. э.) существенно не отличается от состава совр. бутылочного стекла. В Египте уже за 3 тыс. лет до н. э. выплавляли в больших кол-вах медь, используя уголь в качестве восстановителя (самородная медь применялась с незапамятных времен). Согласно клинописным источникам, развитое произ-во железа, меди, серебра и свинца существовало в Месопотамии также за 3 тыс. лет до н. э. Освоение хим. процессов произ-ва меди и бронзы, а затем и железа являлось ступенями эволюции

не только металлургии, но цивилизации в целом, изменяло условия жизни людей, влияло на их устремления.

Одновременно возникали и теоретич. обобщения. Напр., китайские рукописи 12 в. до н. э. сообщают о «теоретич.» построениях систем «основных элементов» (вода, огонь, дерево, золото и земля); в Месопотамии родилась идея рядов пар противоположностей, взаимод. к-рых «составляют мир»: мужское и женское, тепло и холод, влага и сухость и т. д. Очень важной была идея (астрологич. происхождения) единства явлений макрокосма и микрокосма.

К концептуальным ценностям относится и атомистич. учение, к-рое было развито в 5 в. до н. э. древнегреч. философами Левкиппом и Демокритом. Они предложили аналоговую семантич. модель строения в-ва, имеющую глубокий комбинаторный смысл: комбинации по определенным правилам небольшого числа неделимых элементов (атомов и букв) в соединении (молекулы и слова) создают информационное богатство и разнообразие (в-ва и языки).

В 4 в. до н. э. Аристотель создал хим. систему, основанную на «принципах»: сухость – влажность и холод – тепло, с помощью попарных комбинаций к-рых в «первичной материи» он выводил 4 основных элемента (земля, воздух, вода и огонь). Эта система почти без изменений просуществовала 2 тыс. лет.

После Аристотеля лидерство в хим. знании постепенно перешло из Афин в Александрию. С этого времени создаются рецептуры получения хим. в-в, возникают «учреждения» (как храм Сераписа в Александрии, Египет), занимающиеся деятельностью, к-рую позже арабы назовут «аль-химия».

В 4–5 вв. хим. знание проникает в Малую Азию (вместе с несторианством), в Сирии возникают философские школы, транслировавшие греч. натурфилософию и передавшие хим. знание арабам.

В 3–4 вв. возникла *алхимия* – философское и культурное течение, соединяющее мистику и магию с ремеслом и искусством. Алхимия внесла значит. вклад в лаб. мастерство и технику, получение многих чистых хим. в-в. Алхимики дополнили элементы Аристотеля 4 началами (масло, влажность, ртуть и сера); комбинации этих мистич. элементов и начал определяли индивидуальность каждого в-ва. Алхимия оказала заметное влияние на формирование западноевропейской культуры (соединение рационализма с мистикой, познания с созиданием, специфич. культ золота), но не получила распространения в др. культурных регионах.

Джабир ибн Хайян, или по-европейски Гебер, Ибн Сина (Авиценна), Абу-ар-Рази и др. алхимики ввели в хим. обиход фосфор (из мочи), порох, мн. соли, NaOH, HNO₃. Книги Гебера, переведенные на латынь, пользовались огромной популярностью. С 12 в. арабская алхимия начинает терять практич. направленность, а с этим и лидерство. Проникая через Испанию и Сицилию в Европу, она стимулирует работу европейских алхимиков, самыми известными из к-рых были Р. Бэкон и Р. Луллий. С 16 в. развивается практич. европейская алхимия, стимулированная потребностями металлургии (Г. Агрикола) и медицины (Т. Парацельс). Последний основал фармакологич. отрасль химии – я т р о х и м и ю и вместе с Агриколой выступал фактически как первый реформатор алхимии.

Х. как наука возникла в ходе научной революции 16–17 вв., когда в Западной Европе возникла новая цивилизация в результате череды тесно связанных революций: религиозной (Реформация), давшей новое толкование богоугодности земных дел; научной, давшей новую, механистич. картину мира (гелиоцентризм, бесконечность, подчиненность естественным законам, описание на языке математики); промышленной (возникновение фабрики как системы машин с использованием энергии ископаемого топлива); социальной (разрушение феодального и становление буржуазного общества).

Х., вслед за физикой Г. Галилея и И. Ньютона, могла стать наукой лишь на пути механицизма, к-рый задал основные нормы и идеалы науки. В Х. это было гораздо сложнее, чем в физике. Механика легко абстрагируется от особенностей индивидуального объекта. В Х. каждый частный объект

(в-во) – индивидуальность, качественно отличная от других. Х. не могла выразить свой предмет чисто количественно и на всем протяжении своей истории оставалась мостом между миром количества и миром качества. Однако надежды анти-механицистов (от Д. Дидро до В. Оствальда) на то, что Х. заложит основы иной, немеханистич. науки, не оправдались, и Х. развивалась в рамках, определенных ньютоновской картиной мира.

Более двух веков Х. вырабатывала представление о материальной природе своего объекта. Р. Бойль, заложивший основы рационализма и эксперим. метода в Х., в своем труде «Химик-скептик» (1661) развил представления о хим. атомах (корпускулах), различия в форме и массе к-рых объясняют качества индивидуальных в-в. Атомистич. представления в Х. подкреплялись идеологич. ролью атомизма в европейской культуре: человек-атом – модель человека, положенная в основу новой социальной философии.

Металлургия Х., имевшая дело с р-циями горения, окисления и восстановления, кальцинации – прокаливания металлов (Х. называли пиротехникой, т. е. огненным искусством) – привлекала внимание к образующимся при этом газам. Я. ван Гельмонт, введший понятие «газ» и открывший углекислый газ (1620), положил начало пневматич. химии. Бойль в работе «Огонь и пламя, взвешенные на весах» (1672), повторяя опыты Ж. Рея (1630) по увеличению массы металла при обжиге, пришел к выводу, что это происходит за счет «захвата металлом весомых частиц пламени». На границе 16–17 вв. Г. Шталь формулирует общую теорию Х. – теорию флогистона (теплорода, т. е. «в-ва горючести», удаляющегося с помощью воздуха из в-в при их горении), к-рая освободила Х. от протекшей 2 тыс. лет системы Аристотеля. Хотя М. В. Ломоносов, повторив опыты по обжигу, открыл закон сохранения массы в хим. р-циях (1748) и смог дать правильное объяснение процессам горения и окисления как взаимод. в-ва с частицами воздуха (1756), познание горения и окисления было невозможно без развития пневматич. химии. В 1754 Дж. Блэк открыл (повторно) углекислый газ («фиксированный воздух»); Дж. Пристли (1774) – кислород, Г. Кавендиш (1766) – водород («горючий воздух»). Эти открытия дали всю информацию, необходимую для объяснения процессов горения, окисления и дыхания, что и сделал А. Лавуазье в 1770–90-х гг., фактически похоронив этим теорию флогистона и стяжав себе славу «отца современной Х.».

К нач. 19 в. пневматохимия и исследования состава в-в приблизили химиков к пониманию того, что хим. элементы соединяются в определенных, эквивалентных соотношениях; были сформулированы законы постоянства состава (Ж. Пруст, 1799–1806) и объемных отношений (Ж. Гей-Люссака, 1808). Наконец, Дж. Дальтон, наиб. полно изложивший свою концепцию в сочинении «Новая система химической философии» (1808–27), убедил современников в существовании атомов, ввел понятие атомного веса (массы) и возвратил к жизни понятие элемента, но уже в совсем ином смысле – как совокупности атомов одного вида.

Гипотеза А. Авогадро (1811, принята научным сообществом под влиянием С. Канниццаро в 1860) о том, что частицы простых газов представляют собой молекулы из двух одинаковых атомов, разрешила целый ряд противоречий. Картина материальной природы хим. объекта была завершена с открытием периодич. закона хим. элементов (Д. И. Менделеев, 1869). Он связал количеств. меру (атомная масса) с качеством (хим. св-ва), вскрыл смысл понятия хим. элемент, дал химику теорию большой предсказательной силы. Х. стала совр. наукой. Периодич. закон узаконил собственное место Х. в системе наук, разрешил подспудный конфликт хим. реальности с нормами механицизма.

Одновременно шел поиск причин и сил хим. взаимодействий. Возникла дуалистич. (электрохим.) теория (Й. Берцелиус, 1812–19); введены понятия «валентность» и «хим. связь», к-рые наполнились физ. смыслом с развитием теории строения атома и квантовой Х. Им предшествовали интенсивные исследования орг. в-в в 1-й пол. 19 в., приведшие к разделению Х. на 3 части: *неорганическая химия, органическая химия*

и *аналитическая химия* (до 1-й пол. 19 в. последняя была основным разделом Х.). Новый эмпирич. материал (р-ции замещения) не укладывался в теорию Берцелиуса, поэтому были введены представления о группах атомов, действующих в р-циях как целое – радикалах (Ф. Вёлер, Ю. Либих, 1832). Эти представления были развиты Ш. Жераром (1853) в теорию типов (4 типа), ценность к-рой состояла в том, что она легко связывалась с концепцией валентности (Э. Франкленд, 1852).

В 1-й пол. 19 в. было открыто одно из важнейших явлений Х. – *катализ* (сам термин предложен Берцелиусом в 1835), очень скоро нашедшее широкое практич. применение. В сер. 19 в. наряду с важными открытиями таких новых в-в (и классов), как анилин и красители (В. Перкин, 1856), были выдвинуты важные для дальнейшего развития Х. концепции. В 1857–58 Ф. Кекуле развил теорию валентности применительно к орг. в-вам, установил четырехвалентность углерода и способность его атомов связываться друг с другом. Этим был продолжен путь теории хим. строения орг. соед. (структурной теории), построенной А. М. Бутлеровым (1861). В 1865 Кекуле объяснил природу ароматич. соед. Я. Вант-Гофф и Ж. Ле Бель, постулировав тетраэдрич. структуры (1874), проложили путь трехмерному взгляду на структуру в-ва, заложив основы *стереохимии* как важного раздела Х.

В сер. 19 в. одновременно было положено начало исследованиям в области *кинетики химической* и *термохимии*. Л. Вильгельми изучил кинетику гидролиза углеводов (впервые дав ур-ние скорости гидролиза; 1850), а К. Гультберг и П. Вааге в 1864–67 сформулировали закон действующих масс. Г. И. Гесс в 1840 открыл основной закон термохимии, М. Берглю и В. Ф. Лутинги исследовали теплоты мн. р-ций. В это же время развиваются работы по *коллоидной химии*, *фотохимии* и *электрохимии*, начало к-рым было положено еще в 18 в.

Работами Дж. Гиббса, Вант-Гоффа, В. Нернста и др. создается *химическая термодинамика*. Исследования электропроводности р-ров и электролиза привели к открытию электролитич. диссоциации (С. Аррениус, 1887). В этом же году Оствальд и Вант-Гофф основали первый журнал, посвященный *физической химии*, и она оформилась как самостоятельная дисциплина. К сер. 19 в. принято относить зарождение *агрохимии* и *биохимии*, особенно в связи с пионерскими работами Либиха (1840-е гг.) по изучению ферментов, белков и углеводов.

19 в. по праву м. б. назван веком открытий хим. элементов. За эти 100 лет было открыто более половины (50) существующих на Земле элементов. Для сравнения: в 20 в. открыто 6 элементов, в 18 в. – 18, ранее 18 в. – 14.

Выдающиеся открытия в физике в кон. 19 в. (рентгеновские лучи, радиоактивность, электрон) и развитие теоретич. представлений (квантовая теория) привели к открытию новых (радиоактивных) элементов и явления изотопии, возникновению *радиохимии* и *квантовой химии*, новым представлениям о строении атома и о природе хим. связи, дав начало развитию совр. Х. (химии 20 в.).

Успехи Х. 20 в. связаны с прогрессом аналит. Х. и физ. методов изучения в-в и воздействия на них, проникновением в механизмы р-ций, с синтезом новых классов в-в и новых материалов, дифференциацией хим. дисциплин и интеграцией Х. с другими науками, с удовлетворением потребностей совр. пром-сти, техники и технологии, медицины, строительства, сельского хозяйства и др. сфер человеческой деятельности в новых хим. знаниях, процессах и продуктах. Успешное применение новых физ. методов воздействия привело к формированию новых важных направлений Х., напр. *радиационной химии*, *плазмохимии*. Вместе с Х. низких температур (*криохимией*) и Х. высоких давлений (см. *Давление*), сонохимией (см. *Ультразвук*), *лазерной химией* и др. они стали формировать новую область – Х. экстремальных воздействий, играющую большую роль в получении новых материалов (напр., для электроники) или старых ценных материалов

сравнительно дешевым синтетич. путем (напр., алмазов или нитридов металлов).

На одно из первых мест в Х. выдвигаются проблемы предсказания функциональных св-в в-ва на основе знания его структуры и определения структуры в-ва (и его синтез), исходя из его функционального назначения. Решение этих проблем связано с развитием расчетных квантово-хим. методов и новых теоретич. подходов, с успехами в неорг. и орг. синтезе. Развиваются работы по генной инженерии и по синтезу соед. с необычными строением и св-вами (напр., высокотемпературные *сверхпроводники*, *фуллерены*). Все шире применяются методы, основанные на *матричном синтезе*, а также использующие идеи *планарной технологии*. Получают дальнейшее развитие методы, моделирующие биохим. р-ции. Успехи спектроскопии (в т. ч. сканирующей туннельной) открыли перспективы «конструирования» в-в на мол. уровне, привели к созданию нового направления в Х. – т. наз. *нанотехнологии*. Для управления хим. процессами как в лаб., так и в пром. масштабе, начинают использоваться принципы мол. и надмол. организации ансамблей реагирующих молекул (в т. ч. подходы, основанные на *термодинамике иерархических систем*).

Химия как система знания о в-вах и их превращениях. Это знание содержится в запасе фактов – надежно установленных и проверенных сведений о хим. элементах и соед., их р-циях и поведении в природных и искусств. средах. Критерии надежности фактов и способы их систематизации постоянно развиваются. Крупные обобщения, надежно связывающие большие совокупности фактов, становятся научными законами, формулировка к-рых открывает новые этапы Х. (напр., законы сохранения массы и энергии, законы Дальтона, периодич. закон Менделеева). Теории, используя специфич. понятия, объясняют и прогнозируют факты более частной предметной области. По сути, опытное знание становится фактом только тогда, когда получает теоретич. толкование. Так, первая хим. теория – теория флогистона, будучи неверной, способствовала становлению Х., т. к. соединяла факты в систему и позволяла формулировать новые вопросы. Структурная теория (Бутлеров, Кекуле) упорядочила и объяснила огромный материал орг. Х. и обусловила быстрое развитие хим. синтеза и исследования структуры орг. соединений.

Х. как знание – система очень динамичная. Эволюционное накопление знаний прерывается революциями – глубокой перестройкой системы фактов, теорий и методов, с возникновением нового набора понятий или даже нового стиля мышления. Так, революцию вызвали труды Лавуазье (материалистич. теория окисления, внедрение количеств. методов эксперимента, разработка хим. номенклатуры), открытие периодич. закона Менделеева, создание в нач. 20 в. новых аналит. методов (микроанализ, хроматография). Революцией можно считать и появление новых областей, вырабатывающих новое видение предмета Х. и влияющих на все ее области (напр., возникновение физ. Х. на базе хим. термодинамики и хим. кинетики).

Хим. знание обладает развитой структурой. Каркас Х. составляют основные хим. дисциплины, сложившиеся в 19 в.: аналит., неорг., орг. и физ. Х. В дальнейшем в ходе эволюции структуры Х. образовалось большое число новых дисциплин (напр., биохимия, кристаллохимия), а также новая инженерная отрасль – *химическая технология*.

На каркасе дисциплин вырастает большая совокупность исследовательских областей, часть из к-рых входит в ту или иную дисциплину (напр., Х. элементоорг. соед. – часть орг. Х.), другие носят междисциплинарный характер, т. е. требуют объединения в одном исследовании ученых из разных дисциплин (напр., исследование структуры биополимеров с использованием комплекса сложных методов). Третьи являются междисциплинарными, т. е. требуют подготовки специалиста нового профиля (напр., Х. нервного импульса).

Поскольку почти вся практич. деятельность людей связана с применением материи как в-ва, хим. знание необходимо во всех областях науки и технологии, осваивающих материальный мир. Поэтому сегодня Х. стала, наравне с математикой,

хранилищем и генератором такого знания, к-рое «пропитывает» почти всю остальную науку. То есть, выделяя Х. как совокупность областей знания, можно говорить и о хим. аспекте большинства других областей науки. На «границах» Х. существует множество гибридных дисциплин и областей.

На всех этапах развития как науки Х. испытывает мощное воздействие физ. наук – сначала ньютоновской механики, потом термодинамики, атомной физики и квантовой механики. Атомная физика дает знание, входящее в фундамент Х., раскрывает смысл периодич. закона, помогает понять закономерности распространения и распределения хим. элементов во Вселенной, чему посвящены ядерная астрофизика и космохимия.

Фундам. влияние оказала на Х. термодинамика, устанавливающая принципиальные ограничения на возможность протекания хим. р-ций (хим. термодинамика). Х., весь мир к-рой был изначально связан с огнем, быстро освоила термодинамич. способ мышления. Вант-Гофф и Аррениус связали с термодинамикой исследование скорости р-ций (кинетика) – Х. получила совр. способ изучения процесса. Изучение хим. кинетики потребовало привлечения многих частных физ. дисциплин для понимания процессов переноса в-в (см., напр., *Диффузия, Массообмен*). Расширение и углубление математизации (напр., применение мат. моделирования, графов теорий) позволяет говорить о формировании мат. Х. (ее предсказал Ломоносов, назвав одну из своих книг «Элементы математической химии»).

Язык химии. Система информации. Предмет Х. – элементы и их соед., хим. взаимод. этих объектов – обладает огромным и быстро растущим разнообразием. Соответственно сложен и динамичен язык Х. Его словарь включает назв. элементов, соединений, хим. частиц и материалов, а также понятия, отражающие структуру объектов и их взаимодействие. Язык Х. имеет развитую морфологию – систему префиксов, суффиксов и окончаний, позволяющих выразить качественное многообразие хим. мира с большой гибкостью (см. *Номенклатура химическая*). Словарь Х. переведен на язык символов (знаков, ф-л, ур-ний), к-рые позволяют заменить текст очень компактным выражением или зрительным образом (напр., пространств. модели). Создание научного языка Х. и способа записи информации (прежде всего на бумаге) – один из великих интеллектуальных подвигов европейской науки. Международное сообщество химиков сумело наладить конструктивную всемирную работу в столь противоречивом деле, как выработка терминологии, классификации и номенклатуры. Было найдено равновесие между обычным языком, историческими (тривиальными) названиями хим. соединений и их строгими формульными обозначениями. Создание языка Х. – удивительный пример сочетания очень высокой мобильности и прогресса с устойчивостью и преемственностью (консерватизмом). Совр. хим. язык позволяет очень коротко и однозначно записывать огромный объем информации и обмениваться ею между химиками всего мира. Созданы машиночитаемые версии этого языка.

Многообразие объекта Х. и сложность языка делают информационную систему Х. наиб. крупной и изощренной во всей науке. Ее основу составляют *химические журналы*, а также монографии, учебники, справочники. Благодаря рано возникшей в Х. традиции международной координации, более века назад сложились нормы описания хим. в-в и хим. р-ций и положено начало системы периодически пополняющихся указателей (напр., указатель орг. соед. Бейльштейна; см. также *Химические справочники и энциклопедии*). Огромные масштабы хим. литературы уже 100 лет назад побудили искать способы ее «сжатия». Возникли реферативные журналы (РЖ); после 2-й мировой войны в мире издавалось два максимально полных РЖ: «Chemical Abstracts» и «РЖ Химия». На базе РЖ развиваются автоматизир. информационно-поисковые системы.

Химия как социальная система – крупнейшая часть всего сообщества ученых. На формирование химика как типа ученого оказали влияние особенности объекта его науки и способа деятельности (хим. эксперимента). Трудности мат.

формализации объекта (по сравнению с физикой) и в то же время многообразие чувственных проявлений (запах, цвет, биол. и др. активность) с самого начала ограничивали господство механицизма в мышлении химика и оставляли значит. поле для интуиции и артистизма. Кроме того, химик всегда применял инструмент немеханич. природы – огонь. С другой стороны, в отличие от устойчивых, данных природой объектов биолога, мир химика обладает неисчерпаемым и быстро нарастающим многообразием. Неустраивающая таинственность нового в-ва придавала мироощущению химика ответственность и осторожность (как социальный тип химик консервативен). Хим. лаборатория выработала жесткий механизм «естественного отбора», отторжения самонадеянных и склонных к ошибкам людей. Это придает своеобразие не только стилю мышления, но и духовно-нравственной организации химика.

Сообщество химиков состоит из людей, профессионально занимающихся Х. и относящих самих себя к этой области. Примерно половина из них работает, однако, в других областях, обеспечивая их хим. знанием. Кроме того, к ним примыкает множество ученых и технологов – в большой мере химиков, хотя уже и не относящих себя к химикам (освоение навыков и умений химика учеными других областей затруднено из-за указанных выше особенностей предмета).

Как и любое другое сплоченное сообщество, химики имеют свой профессиональный язык, систему воспроизводства кадров, систему коммуникаций [журналы, конгрессы и т.д.], свою историю, свои культурные нормы и стиль поведения.

Методы исследования. Особая область хим. знания – методы хим. эксперимента (анализа состава и структуры, синтеза хим. в-в). Х. – наиб. ярко выраженная эксперим. наука. Набор навыков и приемов, к-рыми должен владеть химик, очень широк, а комплекс методов быстро растет. Поскольку методы хим. эксперимента (особенно анализа) используются почти во всех областях науки, Х. разрабатывает технологии для всей науки и объединяет ее методически. С другой стороны, Х. проявляет очень высокую восприимчивость к методам, рожденным в др. областях (прежде всего физике). Ее методы носят в высшей степени междисциплинарный характер.

В исследоват. целях в Х. используется огромный набор способов воздействия на в-во. Вначале это были термич., хим. и биол. воздействия. Затем добавились высокие и низкие давления, мех., магн. и электр. воздействия, потоки ионов и элементарных частиц, лазерное излучение и др. Сейчас все больше этих способов проникает в технологию произ-ва, что открывает новый важный канал связи науки с произ-вом.

Организации и учреждения. Хим. исследования – особый тип деятельности, выработавший соответствующую систему организаций и учреждений. Особым типом учреждения стала хим. лаборатория, устройством к-рой отвечает основным функциям, выполняемым в коллективе химиков. Одну из первых лабораторий создал Ломоносов в 1748, на 76 лет раньше, чем хим. лаборатории появились в США. Пространств. строение лаборатории и ее оборудование позволяют хранить и использовать большое число приборов, инструментов и материалов, в т.ч. потенциально очень опасных и несоместимых между собой (легко воспламеняющихся, взрывчатых и ядовитых).

Эволюция методов исследования в Х. привела к дифференциации лабораторий и выделению множества методич. лабораторий и даже приборных центров, к-рые специализируются на обслуживании большого числа коллективов химиков (анализы, измерения, воздействие на в-во, расчеты и т.д.). Учреждением, объединяющим работающие в близких областях лаборатории, с кон. 19 в. стал исследоват. ин-т (см. *Химические институты*). Очень часто хим. ин-т имеет опытное произ-во – систему полупром. установок для изготовления небольших партий в-в и материалов, их испытания и отработки технол. режимов.

Подготовка химиков ведется на хим. факультетах университетов или в специализир. высших учебных заведениях, к-рые отличаются от других большой долей практикума и интенсивным использованием демонстрационных опытов в теоретич. курсах. Разработка хим. практикумов и лекцион-

ных опытов – особый жанр хим. исследований, педагогики и во многом искусства. Начиная с сер. 20 в. подготовка химиков стала выходить за рамки вуза, охватывать более ранние возрастные группы. Возникли специализир. хим. средние школы, кружки и олимпиады. В СССР и России была создана одна из лучших в мире систем доинститутской хим. подготовки, развит жанр популярной хим. литературы.

Для хранения и передачи хим. знания существует сеть издательств, библиотек и информационных центров. Особый тип учреждений Х. составляют национальные и международные органы управления и координации всей деятельностью в этой сфере – государственные и общественные (см., напр., *Международный союз теоретической и прикладной химии*).

Система учреждений и организаций Х. – сложный организм, к-рый «вырастался» 300 лет и во всех странах рассматривается как большое национальное достояние. Лишь две страны в мире обладали целостной системой организации Х. по структуре знания и по структуре ф-ций – США и СССР.

Химия и общество. Х. – наука, диапазон отношений к-рой с обществом всегда был очень широк – от восхищения и слепой веры («химизация всего народного хозяйства») до столь же слепого отрицания («нитратный бум») и хеомофобии. На Х. был перенесен образ алхимика – мага, скрывающего свои цели и обладающего непонятной силой. Яды и порох в прошлом, нервно-паралитич. и психотропные в-ва сегодня – эти инструменты власти обыденное сознание ассоциирует с Х. Поскольку хим. пром-сть является важным и необходимым компонентом экономики, хеомофобия нередко сознательно разжигается в конъюнктурных целях (искусств. экологич. психозы).

На деле Х. является системообразующим фактором совр. общества, т. е. совершенно необходимым условием его существования и воспроизводства. Прежде всего потому, что Х. участвует в формировании совр. человека. Из его мировоззрения нельзя изъять видение мира через призму понятий Х. Более того, в индустриальной цивилизации человек сохраняет свой статус члена общества (не маргинализуется) лишь в том случае, если достаточно быстро осваивает новые хим. представления (для чего служит целая система популяризации Х.). Вся техносфера – искусственно созданный окружающий человека мир – все быстрее насыщается продуктами хим. произ-ва, обращение с к-рыми требует высокого уровня хим. знаний, навыков и интуиции.

В кон. 20 в. все более ощущается общее несоответствие обществ. ин-тов и обыденного сознания индустриального общества уровню химизации совр. мира. Это несоответствие породило цепь противоречий, ставших глобальной проблемой и создающих качественно новую опасность. На всех социальных уровнях, включая научное сообщество в целом, растет отставание уровня хим. знаний и навыков от хим. реальности техносферы и ее воздействия на биосферу. Хим. образование и воспитание в общей школе скудеет. Увеличивается пропасть между хим. подготовкой политиков и потенциальной опасностью неверных решений. Организация новой, адекватной реальности системы всеобщего хим. образования и освоение хим. культуры становится условием безопасности и устойчивого развития цивилизации. На время кризиса (х-рый обещает быть долгим) неизбежна переориентация приоритетов Х.: от знания ради улучшения условий жизни к знанию ради гарантир. сохранения жизни (от критерия «максимизации выгоды» к критерию «минимизации ущерба»).

Прикладная химия. Практическое, прикладное значение Х. состоит в осуществлении контроля над хим. процессами, протекающими в природе и техносфере, в произ-ве и преобразовании нужных человеку в-в и материалов. В большинстве отраслей произ-ва вплоть до 20 в. доминировали процессы, унаследованные от ремесленного периода. Х. раньше других наук стала порождать произ-ва, сам принцип к-рых был основан на научном знании (напр., синтез анилиновых красителей).

Состояние хим. пром-сти во многом определяло темпы и направление индустриализации и политич. ситуацию (как,

напр., не предвиденное странами Антанты создание крупнотоннажного произ-ва аммиака и азотной кислоты Германией по методу Гебера – Боша, что обеспечило ей достаточное для ведения мировой войны кол-во взрывчатых в-в). Развитие пром-сти минер. удобрений, а затем и ср-в защиты растений резко повысило продуктивность сельского хозяйства, что стало условием урбанизации и быстрого развития индустрии. Замена техн. культур искусств. в-вами и материалами (ткани, красители, заменители жиров и др.) равноценно значит. увеличению продовольств. ресурсов и сырья для легкой пром-сти. Состояние и экономич. эффективность машиностроения и стр-ва все больше определяется разработкой и произ-вом синтетич. материалов (пластмасс, каучуков, пленок и волокон). Развитие новых систем связи, к-рые в ближайшем будущем кардинально изменят и уже начали менять облик цивилизации, определяется разработкой оптоволоконных материалов; прогресс телевидения, информатики и компьютеризации связан с разработкой элементной базы микроэлектроники и мол. электроники. В целом развитие техносферы во многом зависит сегодня от ассортимента и кол-ва выпускаемых хим. пром-стью продуктов. Качество многих хим. продуктов (напр., лакокрасочных материалов) влияет и на духовное благополучие населения, т. е. участвует в формировании высших ценностей человека.

Невозможно переоценить роль Х. в развитии одной из важнейших проблем, стоящих перед человечеством, – защите окружающей среды (см. *Охрана природы*). Здесь задача Х. состоит в разработке и усовершенствовании методов обнаружения и определения антропогенных загрязнений, изучении и моделировании хим. р-ций, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере, создании безотходных или малоотходных хим. произ-в, разработке способов обезвреживания и утилизации пром. и бытовых отходов.

Лит.: Фигуровский Н. А., Очерк истории химии, т. 1–2, М., 1969–79; Кузнецов В. И., Диалектика развития химии, М., 1973; Соловьев Ю. И., Трифонова Д. Н., Шамина А. Н., История химии. Развитие основных направлений современной химии, М., 1978; Джуа М., История химии, пер. с итал., М., 1975; Лёгасов В. А., Бучаченко А. Л., «Успехи химии», 1986, т. 55, в. 12, с. 1949–78; Фримантл М., Химия в действии, пер. с англ., ч. 1–2, М., 1991; Пиместер Дж., Купер Дж., Возможности химии сегодня и завтра, пер. с англ., М., 1992; Partington J. R., A history of chemistry, v. 1–4, L.–N. Y., 1961–70. С. Г. Кара-Мурза, Т. А. Айзатуллин.

ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ, изучает кинетику и механизм р-ций, к-рые характеризуются существенно неравновесными концентрациями быстрых, возбужденных или ионизир. частиц, обладающих избыточной энергией по сравнению с энергией их теплового движения, а часто и с энергией хим. связей. Термин введен в СССР в нач. 60-х гг. Основ. разделы Х. в. э.: *лазерная химия, плазмохимия, радиационная химия, фотохимия*, а также изучение хим. р-ций в пучках быстрых атомов, ионов или молекул, ряд проблем *механохимии и ядерной химии*. Хотя р-ции, изучаемые в разл. разделах Х. в. э., инициируются или ускоряются под действием разл. факторов, их объединяет общность элементарных хим. процессов с участием электронов, ионов, свободных радикалов, ион-радикалов, электронно-возбужденных и быстрых атомов и молекул. Реализуются новые механизмы р-ций, мало вероятные в равновесных системах при обычных т-рах. Другая характерная черта Х. в. э. – общность методов исследования в разных ее направлениях. Широко распространены оптич. методы, масс-спектрометрия, радиоспектроскопия, а также эксперим. методы квантовой электроники, атомной и ядерной физики.

К основ. фундам. достижениям Х. в. э. относятся открытия *сольватированного электрона, ионно-молекулярных реакций* орг. соед. в газовой фазе, селективного возбуждения и диссоциации определенных хим. связей под действием лазерного излучения, низкотемпературного предела скорости хим. р-ций, многоквантовых фотохим. р-ций (см. *Двухквантовые реакции*), установление зависимости течения р-ций от кинетич. энергии и энергии возбуждения взаимодействующих молекул, от их взаимной ориентации, объяснение механизмов разрушения слоя озона в верхней атмосфере.

Х. в. э. находит важное практич. применение в хим. синтезе, направленном модифицировании существующих и созда-

нии новых материалов (напр., древесных пластиков и др. композиц. материалов, тугоплавких металлов и разл. соед. высокой степени чистоты, порошков с ультравысокой дисперсностью), в развитии методов обработки пов-стей и нанесения покрытий, создании новых способов очистки и переработки производств. отходов, разработке путей повышения стойкости хим. соед. и разл. материалов по отношению к действию ионизирующих излучений.

Лит.: Бугаско Л. Т., Кузьмин М. Г., Полак Л. С., *Химия высоких энергий*, М., 1988; Пикаев А. К., *Ж. Всесоюз. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева*, 1990, т. 35, № 5, с. 534–39.

В. И. Гольдманский.

ХИМИЯ ДРЕВЕСИНЫ, наука о хим. св-вах древесины, ее компонентов и их превращениях; теоретич. основа мн. произ-в хим. и хим.-мех. переработки древесины и продуктов из нее. Наряду с гл. составными частями древесины (целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин; 90–95% по массе в расчете на сухую древесину) Х. д. рассматривает также количественно второстепенные составные части как древесины, так и корней, сучьев, коры, листьев и хвои древесных пород (т. наз. экстрактивные в-ва – таннины, терпеноиды, каротиноиды, пигменты, витамины, липиды, белки, углеводы и др.; 5–10%). См. также *Бумага, Гемицеллюлоза, Гидролизные производства, Древесина, Лесохимия, Лигнин, Целлюлоза*.

Лит.: Никитин Н. И., *Химия древесины и целлюлозы*, М. – Л., 1962; *Химия древесины*, под ред. Б. Л. Браунинга, пер. с англ., М., 1967; Богомолов Б. Д., *Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений*, М., 1973; *Химия древесины*, пер. с финл., М., 1982; *Древесина. Химия, ультраструктура, реакции*, пер. с англ., М., 1988.

А. М. Чащин.

ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА (химия твердого состояния), раздел физ. химии, изучающий строение, св-ва и методы получения твердых в-в. Х. т. т. связана с физикой твердого тела, кристаллографией, минералогией, физ.-хим. механикой, механохимией, радиационной химией, является основой технологии неорг., полимерных и композиц. материалов.

Основные задачи Х. т. т.: установление взаимосвязи структуры твердых тел с их св-вами, обоснование путей создания материалов с улучшенными эксплуатационными св-вами, разработка теории строения и реакц. способности твердых тел.

В Х. т. т. используются особый набор методов исследования (*дифракционные методы, электронная микроскопия и др.*).

Накопление фактов в областях, ныне относимых к Х. т. т., шло в течение неск. столетий, однако как самостоятельная наука она сформировалась в сер. 20 в. гл. обр. в связи с развитием электроники и технологии неорг. материалов.

Особенности строения твердых в-в проявляются прежде всего в наличии у них ближнего (аморфные в-ва и стекла) и дальнего (кристаллы) порядка, а также в способности многих твердых в-в отклоняться от законов *стехиометрии*. Еще в нач. 19 в. эта способность вызвала научную дискуссию между К. Бертолле, отстаивавшем возможность непрерывного изменения состава твердого в-ва, и Ж. Прустом, к-рый придерживался победившей тогда точки зрения о постоянстве состава. После введения в кон. 19 в. понятия твердого р-ра (Я. Вант-Гофф, 1890) и разработки основ физ.-хим. анализа (Г. Тамман, нач. 20 в.; Н. С. Курнаков, 1913) проблема противопоставления в-в постоянного состава (дальтонида) и в-в переменного состава (бертоллида) возникла вновь, причем бертоллиды рассматривались как твердые р-ры неустойчивых в твердом состоянии в-в.

Основы Х. т. т., как считается, заложил А. Муассан, к-рый в 1892 ввел в лаб. практику электродуговые печи и положил начало исследованиям св-в твердых тел при высоких т-рах.

Открытие дифракции рентгеновских лучей (М. Лауэ, 1912) и развитие кристаллохимии (В. Гольдшмидт, Л. Полинг, А. В. Шубников, Н. В. Белов, А. И. Китайгородский) позволили глубже понять структуру твердых в-в и не только обосновать существование обширного класса нестехиометрич. в-в, но и ввести понятие *нестехиометрии*.

Еще одна важнейшая особенность строения твердых в-в – отличие идеальной структуры кристаллов от реальной, дефектной структуры (см. *Дефекты*). Основой физ. химии кристаллов с дефектами послужили работы Я. И. Френкеля (1926), В. Шоттки и К. Вагнера (1930). Вагнер в работах 1930–40-х гг. установил зависимость реакционной способности твердых тел от характера дефектов.

На св-ва и поведение твердых тел влияют также состояние твердого тела (кристаллическое или аморфное), тип кристаллич. модификации, наличие и характер фазовых переходов.

Р-ции твердых тел носят топохим. характер (см. *Топохимические реакции*) и зачастую определяются скоростью диффузии в твердых телах. Диффузия здесь отличается от диффузии в газах и жидкостях: она может протекать на внешней пов-сти, по границам кристаллитов, в объеме твердого тела и характеризуется высокими значениями кажущейся энергии активации.

Одна из важнейших концепций в кинетике твердофазных р-ций (введена С. Хиншелвудом в 1925) состоит в протекании процессов в результате последовательного образования и роста на пов-сти или в объеме исходной фазы зародышей новой твердой фазы.

В Х. т. т. используется очень широкий набор методов синтеза – с применением низких и сверхвысоких т-р, рекордно высоких давлений и сверхглубокого вакуума, сильнейших центробежных полей, разнообразных физ. методов активирования процессов, при полном отсутствии гравитации. См., напр., *Реакции в твердых телах, Самораспространяющийся высокотемпературный синтез*.

Важными этапами в развитии Х. т. т. явилось создание совр. методов выращивания монокристаллов больших размеров (см. *Монокристаллы выращивания*) из расплава, из перегретых водных р-ров (см. *Гидротермальные процессы*), разработка процесса выращивания по механизму пар – жидкость – кристалл, методов зонной плавки кристаллов, методов управления св-вами кристалла путем наложения при его выращивании магнитных и электрич. полей. Значительное место в Х. т. т. занимает получение и исследование св-в пленок и покрытий.

Новую область в Х. т. т. открыло создание методов получения аморфных твердых материалов путем *химического осаждения из газовой фазы* с плазменной активацией. Таким путем получены необычные «сплавы» полупроводниковых элементов с водородом, фтором, азотом и др. легкими элементами, тройные и более сложные композиции, многие из к-рых обладают уникальными св-вами и имеют широкие перспективы практич. применения. Основой микроэлектроники является *планарная технология*, разработанная в США в 1959.

Среди новейших направлений развития Х. т. т. – синтез и изучение высокотемпературных сверхпроводников, открытых К. Мюллером и Дж. Беднорцем (1986), создание и исследование св-в «наноструктурированных» материалов, к-рые состоят из частиц размером 1–15 нм или пленок толщиной 1–15 нм. Относительно большая доля пограничных (приповерхностных) слоев определяет значительные (иногда на неск. порядков) отличия св-в наноструктурированных материалов от св-в кристаллов и стекол того же состава. Разрабатываются методы получения (нанотехнология) наноматериалов, а также гетероструктур с размерами составляющих их элементов (слоев) от 1 до 10 нм.

Особенности физ. и физ.-хим. св-в твердых в-в см. в ст. *Аморфное состояние, Кристаллы, Стеклообразное состояние, Твердое тело*, в статьях об отдельных видах материалов: *Диэлектрики, Магнитные материалы, Полупроводники, Сверхпроводники* и др.; особенности р-ций твердых в-в – в ст. *Коррозия металлов, Металлов окисление, Травление* и др.

Лит.: *Препаративные методы в химии твердого тела*, под ред. П. Хагенмюллера, пер. с англ., М., 1976; Болдырев В. В., Ляхов Н. З., Чупахин А. П., *Химия твердого тела*, М., 1982; Чеботни В. Н., *Физическая химия твердого тела*, М., 1982; Браун М., Долимоор Д., Галвей А., *Реакции твердых тел*, пер. с англ., М., 1983; Гилевич М. П., Покровский И. И., *Химия твердого тела*, Минск, 1985; Третьяков Ю. Д., Лепис Х., *Химия и технология твердофазных материалов*, М., 1985; Вест А., *Химия твердого тела. Теория и приложения*, пер. с англ., т. 1–2, М., 1988; Рао Ч. Р., *Новые направления в химии твердого тела*, пер. с англ., Новосибир., 1990.

Э. Г. Раков.

ХИММОТОЛОГИЯ (от *химия* и лат. motor – приводящий в движение и греч. logos – наука), область знаний о св-вах, качестве и рациональном использовании горючих и samozажигаемых материалов (ГСМ) в технике (двигателях, особенно внутр.

сгорания, машинах и механизмах). Термин «Х.» впервые предложен в СССР (К. К. Папок, 1964).

Х. возникла и развивается на стыке орг., физ. и коллоидной химии, нефтехимии, физики, экономики и экологии. Формирование Х. в самостоятел. направление науки обусловлено увеличением объемов потребления ГСМ, возрастанием их значения в обеспечении надежности и долговечности техники. Кроме того, перед Х. в последнее время остро встали две относительно новые проблемы: 1) стабилизация добычи нефти и получение моторных топлив из альтернативного сырья (см. *Альтернативные топлива*); 2) изучение и улучшение экологич. св-в ГСМ в связи с тем, что влияние мн. видов транспорта на окружающую среду зависит от состава и св-в применяемых топлив и масел (прекращение произ-ва этилпр. бензинов, разработка т. наз. городского дизельного топлива, снижение расхода смазочных масел на угар и т. д.).

Задачи Х. можно условно разделить на 3 группы. Первая из них связана с оптимизацией качества ГСМ, обеспечением наиб. полного соответствия эксплуатац. св-в ГСМ требованиям двигателей. Решение задач этой группы базируется на исследовании комплекса физ.-хим. процессов, протекающих при использовании ГСМ (испарение, смесеобразование, сгорание, лако- и нагарообразование, коррозионный и мех. износ и т. д.). Эта же группа включает работы по оценке эффективности путей улучшения качества ГСМ (новые компоненты, методы очистки, присадки, добавки и др.) и расширения их ресурсов (напр., альтернативные топлива, синтетич. смазочные материалы).

Цель задач второй группы — повышение эффективности применения ГСМ в условиях эксплуатации. К этой группе относятся разработка и научное обоснование норм расхода ГСМ, сроков их хранения, принципов классификации, унификации сортов и марок, взаимозаменяемости, методов восстановления качества некондиционных топлив и регенерации отработавших смазочных материалов. Третья группа задач посвящена разработке и совершенствованию методов оценки качества ГСМ. В эту группу входят также исследования по совершенствованию приборов и методов анализ. контроля качества топлив и масел, совершенствованию стандартов и техн. условий на них и методы их анализа.

Одно из наиб. крупных достижений Х. — разработка новой системы первичной оценки эксплуатац. св-в ГСМ, т. наз. комплексов их квалификац. испытаний. Ранее эти св-ва оценивались гл. обр. при испытаниях на полноразмерных машинах в стендовых или эксплуатац. условиях в течение 2–3 лет с затратой больших материальных ср-в. В соответствии с новой системой каждое св-во топлива либо масла «расчленяют» или «разделяют» на простые составляющие, оценка к-рых возможна ускоренными лаб. методами, получившими назв. квалификационных. Суммирование результатов определения указанных составляющих позволяет объективно и всесторонне оценить в целом любое эксплуатац. св-во. Комплекс квалификац. методов по всем св-вам того или иного вида ГСМ дает возможность оценить его пригодность к употреблению в течение 1,5–2 мес при небольших затратах. Отечеств. система квалификац. оценки св-в топлив и масел применяется более 20 лет и уже дала большой экономич. эффект.

Осн. задачей Х. на перспективу остается создание научных основ и рекомендаций по экономии топливно-энергетич. ресурсов и обеспечению двигателей, машин и механизмов высококачеств. ГСМ с широкими сырьевыми ресурсами.

Лит.: Папок К. К., Рагозин Н. А., *Словарь по топливам, маслам, смазкам, присадкам и специальным жидкостям*, 4 изд., М., 1975, с. 333–37; Гуреев А. А., Фукс И. Г., Лаших В. Л., *Химмотология*, М., 1986.

А. А. Гуреев.

ХИМОЗИН (реннин, сычужный фермент), фермент класса гидролаз, катализирующий гидролиз пептидных связей, образованных преим. остатками гидрофобных аминокислот; относится к эндопептидазам.

Мол. м. бычьего Х. ок. 35 тыс.; оптимальная каталитич. активность при pH 3–4 (для синтетич. пептидов обычно при pH 4–5); рI 4,6. Активный центр Х. (он близок по строению активному центру пепсина) содержит два остатка аспараги-

новой к-ты, избирательно модифицируемых эпокси- и диазосоединениями. Образуется Х. в слизистой желудка телят из предшественника (прохимозина) в результате отщепления от него 42-членного пептида при pH < 5.

Р-ры Х. стабильны при pH 5,3–6,3; при pH ок. 3,5 и выше 7,0 фермент быстро теряет свою активность, однако при pH 2 р-р Х. относительно стабилен.

Х. ингибируется пепстатином (прир. пентапептид, синтезируемый бактериями стрептомицетами). Фермент используют в произ-ве сыров (обуславливает свертывание молока в результате гидролиза пептидных связей казеина).

Лит.: Foltmann B., «Methods in Enzymology», 1970, v. 19, p. 421–36; Visser S., Van Rooijen P. J., Slangen C. J., «Eur. J. Biochem.», 1980, v. 108, № 2, p. 415–21.

Л. Д. Румин.

ХИМОТРИПСИН, фермент класса гидролаз, катализирующий гидролиз пептидных связей, удаленных от концов белковой цепи (эндопептидаза). С наиб. скоростью катализирует гидролиз связей, образованных карбоксильными группами гидрофобных аминокислот. Гидролизует также сложные эфиры и амиды, образованные этими аминокислотами.

Х. — фермент большинства позвоночных, синтезируется в поджелудочной железе в форме неактивного предшественника (профермента, или зимогена) химотрипсина, к-рый в двенадцатиперстной кишке под действием трипсина подвергается протеолизу с образованием Х.

Трипсин гидролизует в проферменте 4 пептидные связи и удаляет из молекулы два дипептида в положениях 14–15 и 147–148. Образовавшиеся три фрагмента молекулы Х. остаются соединенными двумя дисульфидными связями. Х. вместе с трипсином участвует в расщеплении белков в тонком кишечнике.

Секретируются две разные формы Х. — А и В, различающиеся по аминокислотному составу. Наиб. хорошо изучена α -модификация Х. А быка (α -Х; мол. м. 25 тыс.), образование к-рой из профермента идет через промежут. модифицир. формы Х. А (β , γ , π и δ). В ферменте имеется 6 связей S — S; размеры молекулы близки к сферической (5,5 × 3,5 × 3,8 нм). Макс. каталитич. активность α -Х. проявляется при pH 7,8–9,0; рI ок. 8.

Для проявления каталитич. действия Х. наиб. существенны группы: гидроксильная серина-195 (принято, что нумерация аминокислотных остатков в Х. соответствует их положениям в проферменте), имидазольная гистидина-57 и карбоксильная аспарагиновой к-ты-102 («активная триада»). Стабилизацию этой триады осуществляет ионная связь между α -аминогруппой изолейцина-16 и карбоксильной группой аспарагиновой к-ты-194.

Сорбция субстрата в активном центре α -Х. обеспечивается гидрофобной полостью. Ее размеры 1,0 × 0,5 × 0,4 нм оптимальны для связывания боковых цепей остатков гидрофобных аминокислот (триптофан, фенилаланин, лейцин, тирозин), а конфигурация допускает лишь определенную ориентацию субстрата. Механизм каталитич. гидролиза включает стадию сорбции субстрата, расщепления пептидной связи с образованием ацилфермента и послед. переноса ацильной группы на нуклеоф. акцептор.

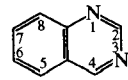
Ингибиторы Х. — ионы тяжелых металлов, борорг. к-ты, диазопротилфторфосфат и др.

Недостаток или избыток Х. проявляется в нарушениях пищеварения. Фермент применяют в медицине для расщепления некротизир. тканей, разжижения и облегчения выделения мокроты, при тромбофлебитах и др.

Лит.: Березин И. В., Мартинек К., *Основы физической химии ферментативного катализа*, М., 1977, с. 126–70; Диксон М., Уэбб Э., *Ферменты*, пер. с англ., т. 1, М., 1982; Blow D. M., в кн.: *The Enzymes*, 3 ed., ed. by P. D. Boyer, v. 3, N. Y. — L., 1971, p. 185–212.

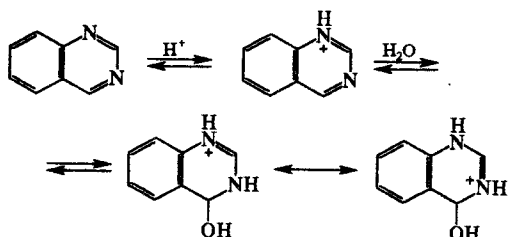
Н. Ф. Казанская.

ХИНАЗОЛИН, мол. м. 130,15; бесцв. кристаллы; т. пл. 48–49 °С, т. кип. 243 °С; μ 7,33 · 10⁻³⁰ Кл · м; сравнительно в сильное основание (рK_a 1,9). Хорошо раств. в водных р-рах сильных к-т, большинство орг. р-рителей, не раств. в воде. Со мн. неорг. и нек-рыми орг. (напр., пириновой) к-тами об-

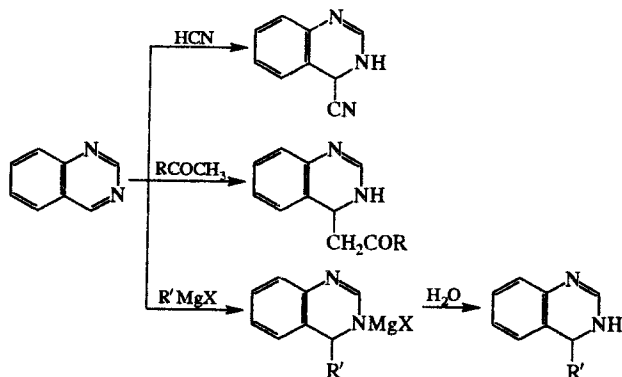


разует устойчивые одноосновные соли. При нагревании с водными р-рами к-т и щелочей разлагается на бензальдегид и муравьиную к-ту.

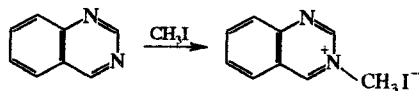
X. — π-дефицитное гетероароматич. соед. Легко протонируется в разб. к-тах, при этом образующийся катион хинаязолина обратимо присоединяет воду по связи N-3 — C-4:



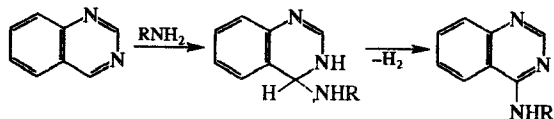
По этой же связи легко присоединяет разл. нуклеоф. агенты с образованием 4-замещенных производных 3,4-дигидрохинаязолина, напр.:



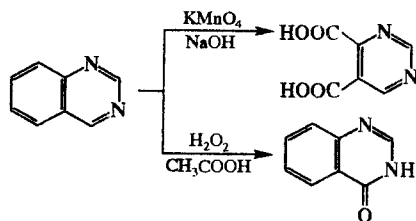
Алкилирование X. протекает гл. обр. в положение 3, напр.:



Электроф. замещение в X. происходит по бензольному кольцу, напр. при действии смеси дымящей HNO₃ и конц. H₂SO₄ образуется 6-нитрохинаязолин (выход 56%). С NaNH₂, аминами и гидразином X. реагирует по механизму последоват. присоединения — отщепления, давая 4-замещенные хинаязолины, напр.:

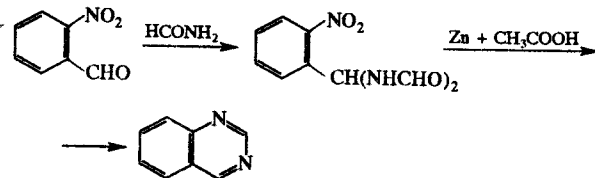


X. устойчив к окислению, однако при действии KMnO₄ в щелочной среде происходит расщепление бензольного кольца, приводящее к 4,5-пиридиндикарбоновой к-те; при действии H₂O₂ в среде CH₃COOH окисление проходит через образование протонир. гидрата и приводит к 3,4-дигидрохинаязолону:



При восстановлении Na или амальгамой Na в C₂H₅OH X. превращается в 1,2,3,4-тетрагидрохинаязолин.

X. синтезируют восстановит. циклизацией диформамидино-го производного нитробензальдегида по р-ции:

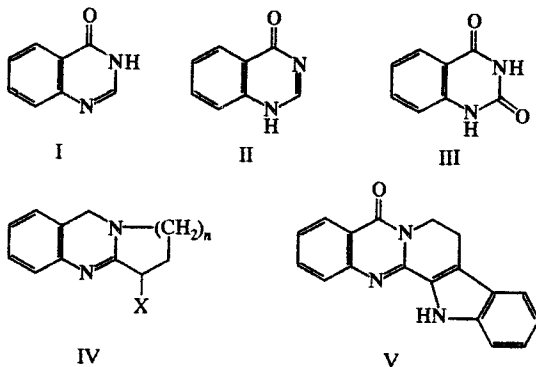


X. — структурный фрагмент хинаязолиновых алкалоидов (вазицина, фебрифугина, эводимина, рутекарпина и др.). Нек-рые производные X. обладают спазмолитическим (метаквалон) и диуретич. действием, являются исходными соед. в синтезе нек-рых красителей (напр., 6-нитро-2,4-дихлорхинаязолин) и транквилизаторов либриума и валиума (напр., 2-хлорметил-6-хлор-4-фенилхинаязолин-3-оксид), используются как красители в цветной фотографии.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 268; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 160; Fused pyrimidines, ed. by D. I. Brown, pt 1; Armarego W. L. F., Quinoxalines, N. Y., 1967. Р. А. Караханов, В. И. Келарев.

ХИНАЗОЛИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ, содержат в молекуле скелет хинаязолина. Включают более 50 соединений. Выделены из растений 10 семейств, в частности акантовых (Acanthaceae), рутовых (Rutaceae), парнолистниковых (Zygophyllaceae). Несколько этих алкалоидов выделено из микроорганизмов.

К X. а. относятся производные следующих соед.: 1) собственно хинаязолина; 2) 3,4-дигидро-4-хинаязолон (ф-ла I); 3) 1,4-дигидро-4-хинаязолон (II); 4) 2,4-хинаязолиндон (III); 5) пирролидино- и пиперидинохинаязолинов (IV; n = 1 и 2 соотв.); 6) β-карболинохинаязолина (V). Последние чаще относят к индольным алкалоидам.



Биосинтез X. а. идет через антралиловую к-ту. При образовании алкалоидов типа IV вторым предшественником является орнитин или аспарагиновая к-та. Большинство X. а. синтезировано. X. а. обладают широким спектром фармакологич. действия: антихолинэстеразным, противомаларийным, желчегонным, бронходилататорным и др. Нек-рые алкалоиды и ок. 50 синтетических производных нашли применение в медицине.

Растения, богатые X. а., напр. Peganum harmala (местные назв. — мотильник, истрик, адраспан и др.), издавна используются в народной медицине в качестве успокаивающих, противоспазматических, противомаларийных, противоастматических и др. средств.

Первым X. а., выделенным из растения (1888), был пеганин, или вазицин (IV; X = OH, n = 1), мол. м. 188,23, бесцв. кристаллы, т. пл. оптически активных форм 211–212 °C, [α]_D ± 252° (в хлороформе); получены нитраты с т. пл. 130 °C (с разл.); т. пл. рацемата 209–210 °C, его нитрата — 168–169 °C (с разл.).

Наиб. фармакологически активен дезоксипеганин (IV; $X = H$, $n = 1$), мол. м. 172,23, бесцв. кристаллы, т. пл. 92 °С, т. пл. перхлората 251 °С. Гидрохлорид дезоксипеганина – бесцв. кристаллы, хорошо раств. в воде. Угнетает холинэстеразу, чем облегчает проведение импульсов в холинэргических синапсах. Применяется в медицине (в виде гидрохлорида) для восстановления нервно-мышечной проводимости, при невритах, для лечения последствий нарушения мозгового кровообращения и др. Дезоксипеганин получают из широко распространенного растения *Peganum harmala*.

Лит.: Садриджанов Ф. С., Курмуков А. Т., Фармакология растительных алкалоидов и их применение в медицине, Таш., 1980; John S. Gröger D., «Phytazie», 1970, Jg. 25, Hf. 1, S. 22–44. М. В. Тележенецкая.

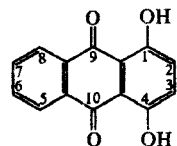
ХИНАКРИДОНОВЫЕ ПИГМЕНТЫ, см. *Пигменты органические*.

ХИНГИДРОН, см. *Бензохиноны*.

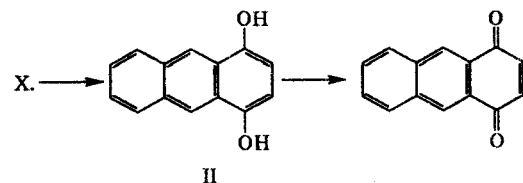
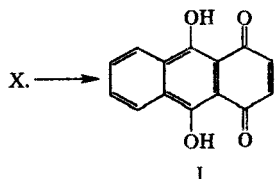
ХИНГИДРОННЫЙ ЭЛЕКТРОД, см. *Электроды сравнения*.

ХИНИЗАРИН (1,4-дигидрокси-9,10-антрахинон), мол. м. 240,22; бесцв. кристаллы, т. пл. 200–201 °С (с возг.), т. кип. 450 °С (с разл.), 196,7 °С/1 мм рт. ст. Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, горячей воде.

Х. окисляется тетраацетатом Рb в CH_3COOH до 1,4,9,10-антрахинона. Действием $Na_2S_2O_4$ в р-ре соды при 80 °С в инертной атмосфере или Zn-пылью в избытке CH_3COOH восстанавливается в лейкохинизарин (ф-ла I), действием $NaNH_4$ в метаноле в атмосфере N_2 – в 1,4-дигидроксиантрацен (II), к-рый окисляется O_2 воздуха в 1,4-антрахинон:



лейкохинизарин (ф-ла I), действием $NaNH_4$ в метаноле в атмосфере N_2 – в 1,4-дигидроксиантрацен (II), к-рый окисляется O_2 воздуха в 1,4-антрахинон:



Хлорирование X. Cl_2 в CH_3COOH приводит к 2,3-дихлорпроизводному, действие Br_2 в р-ре KBr – к окислению до 1,4,9,10-антрахинона с послед. образованием его 2,3-дихлорпроизводного. X. сульфировается 12,5%-ным олеумом с добавлением Na_2SO_4 при 90–120 °С в течение 12 ч до 2-сульфопроизводного, 20%-ным олеумом в присут. H_3BO_3 и HgO при 170–175 °С в течение 26 ч – до 6-сульфопроизводного (выход 83%). Нитруется HNO_3 в CH_3COOH при 20 °С до 2-нитропроизводного, в H_2SO_4 – до 1,2,4-тригидрокси-3-нитроантрахинона.

Х. вступает в р-ции аминирования: перемешивание его на воздухе в р-ре пиридина с пиперидином, циклотексиламином (40–50 °С), *n*-фенилендиамином (100 °С) или с раствором толудина (160 °С) приводит к соответствующим 2-аминопроизводным (выход 71–90%).

В пром-сти X. получают взаимодей. 4-хлорфенола с фталевым ангидридом в присут. H_2BO_3 в 100%-ной H_2SO_4 или разбавленном олеуме при 190–195 °С (выход 80–90%); очищают полученный продукт возгонкой или перекристаллизацией. Препаративно X. синтезируют нагреванием антрахинона с нитрозилсульфатом в присут. H_3BO_3 и солей Hg, окислением антрахинона O_2 воздуха в водной среде в присут. KBr или NaBr (220–300 °С), нагреванием 1,4-дигидроксиантралина с малеиновым ангидридом в плаве $AlCl_3 - NaCl$ при 210–220 °С.

X. – исходное в-во в произ-ве зеленых, синих и фиолетовых антрахиноновых красителей для шерсти.

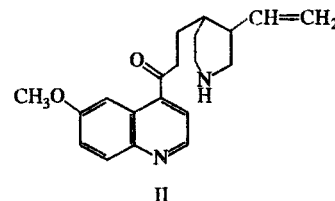
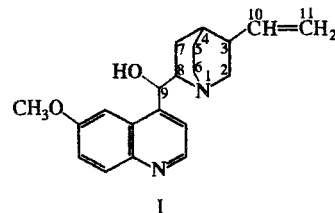
X. угнетает деятельность центр. нервной системы.

Т. воспл. 870 °С; ниж. КПВ 10,4 г/м³.

Лит.: Венкатарама Н., *Химия синтетических красителей*, пер. с англ., т. 2, Л., 1957, с. 955–86; Горелик М. В., *Химия антрахинонов и их производных*, М., 1983. Н. Н. Артамонова.

ХИНИН, важнейший из хинных алкалоидов, представляющих специфич. группу, свойственную определенным видам хинного дерева (*Cinchona*) и ремиджии (*Remija*) семейства мареновых (*Rubiaceae*).

Х. (ф-ла I) – бесцв. кристаллы горького вкуса, мол. м. 324,4, т. пл. 177 °С, $[\alpha]_D^{20} -158$ °С (этанол), плохо раств. в воде, хорошо – в этаноле, хлороформе, диэтиловом эфире. Из воды кристаллизуется в виде тригидрата, т. пл. 57 °С. Х. имеет два атома N разной основности, образует два ряда солей, в к-рых протонируется либо хинуклидиновый атом N, либо оба атома азота. Соли представляют собой бесцв. кристаллы горького вкуса. Важнейшие из них: сульфат, т. пл. 205 °С (с разл.), плохо раств. в воде и этаноле; гидрохлорид, т. пл. 158–160 °С, раств. в этаноле, хуже – в воде; дигидрохлорид, хорошо раств. в воде и этаноле. Х. легко окисляется мн. окислителями; под действием к-т при нагр. происходит перегруппировка в хинотоксин (II).



Строение X. установлено на основании анализа продуктов его окисления хромовой к-той, главные из к-рых хининовая (6-метокси-4-хинолинкарбоновая) к-та и мерохинен (3-винил-4-пиперидинуксусная к-та), и подтверждено полным синтезом (1945).

Известны 4 диастереомера X.; все они синтезированы. Наиб. значение имеет хинидин, отличающийся от X. конфигурацией при атоме С-9. Он представляет собой бесцв. кристаллы, т. пл. 173,5 °С, $[\alpha]_D^{20} +334,2$ °С (0,1 н. H_2SO_4); применяется как антиаритмич. ср-во.

Х. получают из коры тонких стволов, ветвей или корней хинного дерева. Для X. характерна «талейхинная» р-ция – зеленое окрашивание с избытком хлорной или бромной воды и аммиака (чувствительность 1:20 000).

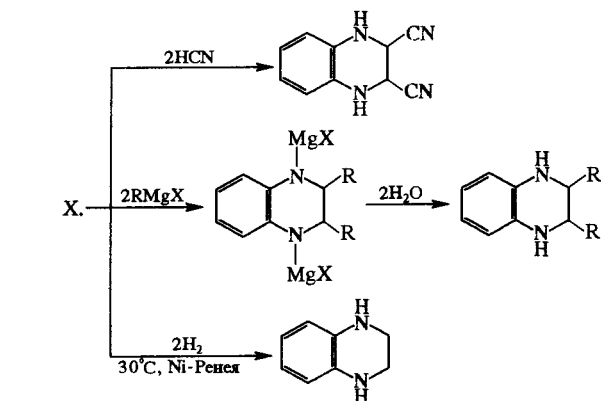
Х. токсичен по отношению ко мн. бактериям и др. одноклеточным организмам. Он оказывает разностороннее действие на организм человека: угнетает центр. нервную систему и терморегулирующие центры, понижая т-ру при лихорадочных состояниях; понижает возбудимость сердечной мышцы; возбуждает мускулатуру матки и усиливает ее сокращение, уменьшает селезенку. Характерное св-во X. – противомаларийное действие. Причем расцематы и синтетич. энантиомеры X. обладают таким же действием. В мед. практике применяют гидрохлорид, дигидрохлорид и сульфат X. В связи с появлением более эффективных синтетич. противомаларийных препаратов X. имеет ограниченное использование. Соли X. используют в акушерской практике для возбуждения и усиления родовой деятельности. Х. служит также адсорбцион-

ным индикатором в аргентометрии (появляется желто-зеленая люминесценция).

Лит.: Матковский М. Д., Лекарственные средства, 12 изд., т. 2, М., 1993, с. 411; Manske R. H. F., в кн.: The Alkaloids, v. 14, N.Y., 1973, p. 181-222. Н. А. Бессонова.

ХИНОКСАЛИН, мол. м. 130,15; бесцв. кристаллы; т. пл. 28 °С, т. кип. 220–223 °С, 108–111 °С/12 мм рт. ст.; μ 1,69 $\times 10^{-30}$ Кл·м; сравнительно сильное основание (pK_a 0,51). Хорошо раств. в воде и большинстве орг. р-рителей; с водой образует гидрат, т. пл. 37 °С.

Х. – π -дефицитное гетероароматич. соед. Легко вступает в р-ции нуклеоф. присоединения и восстановления, напр.:



Электроф. замещение протекает по бензольному кольцу Х. в жестких условиях, напр. нитрование смесью конц. HNO_3 и олеума при 90 °С (в течение суток) приводит к образованию смеси 1,5% 5-нитро- и 24% 5,6-динитрохиноксалина.

Х. инертен к окислению HNO_3 и $K_2Cr_2O_7$, однако окисление $KMnO_4$ в щелочном р-ре сопровождается расщеплением бензольного кольца с образованием 2,3-пиазидиндикарбоновой к-ты, окисление персульфатом аммония дает 2,3-дигидроксихиноксалин (выход 30%).

Х. легко превращается в N-оксиды, напр. окисление 1 эквивалентом надуксусной к-ты приводит к 1-оксиду, избытком к-ты – к 1,4-диоксиду. Дальнейшее восстановит. хлорирование моно- или ди-N-оксидов Х. действием $POCl_3$ идет с образованием соотв. 2-хлор- и 2,3-дихлорпроизводных Х.

Получают Х. конденсацией *o*-фенилендиамин с глиоксалем или его бисульфитным производным при 60 °С.

Х. – структурный фрагмент нек-рых прир. соед., напр. пептидного антибиотика эхиномицина. Нек-рые производные Х. обладают противовоспалит., антибактериальной (напр., сульфаминоксалин), анальгетич. и противомаларийной активностью.

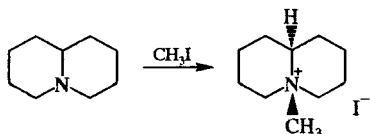
Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 373–403; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 160; Sakata G., Makino K., «Heterocycles», v. 27, 1988, p. 2481.

Р. А. Караханов, В. И. Келарев.

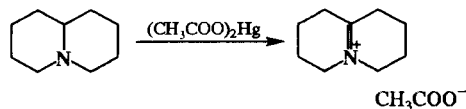
ХИНОЛИЗИДИН (октагидрохинолизин, норлупинин), мол. м. 139,24; бесцв. жидкость; т. кип. 169–170 °С, n_D^{20} 1,4796. Хорошо раств. в воде и орг. р-рителях.

Х. – сильное основание, pK_a 9,37. С HNO_3 , пикриновой и платинохлористоводородной к-тами образует устойчивые соли (т. пл. пикрата 137 °С, хлороплатината – 114 °С).

Х. обладает св-вами третичных циклич. аминов. При действии CH_3I Х. превращается в соль *транс*-5-метилхинолизидиния:

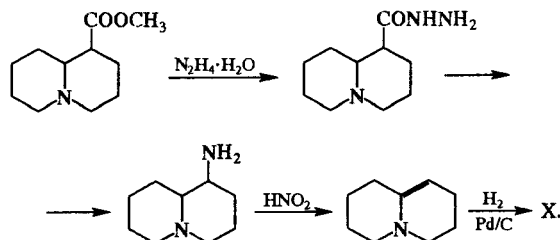


Обработка Х. ацетатом Hg приводит к дегидрированию цикла с образованием иммониевой соли:

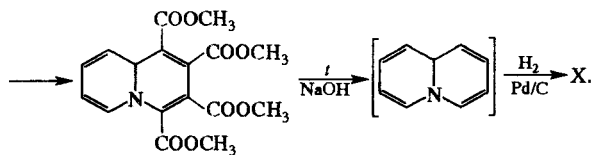
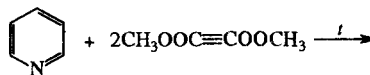
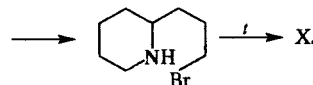
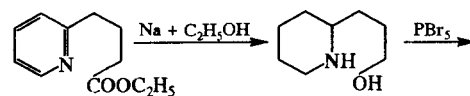
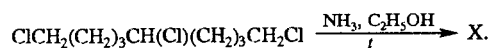


Х. и его производные – осн. структурные фрагменты *хинолизиновых алкалоидов* групп лупинина, нуфарина, цитизина, спартеина и матрина, входит также в состав нек-рых индольных, изохинолиновых и др. алкалоидов.

Х. получают декарбоксилированием лупиновой к-ты, выделенной из растений рода *Lupinus* (семейство Leguminosae), путем перегонки ее со смесью $Ca(OH)_2$ и NaOH или из метилового эфира этой к-ты по р-циям:



Осн. методы синтеза из соединений др. рядов:



Нек-рые производные Х. – лек. препараты (напр., пахикарпин, цитизин); многие производные токсичны.

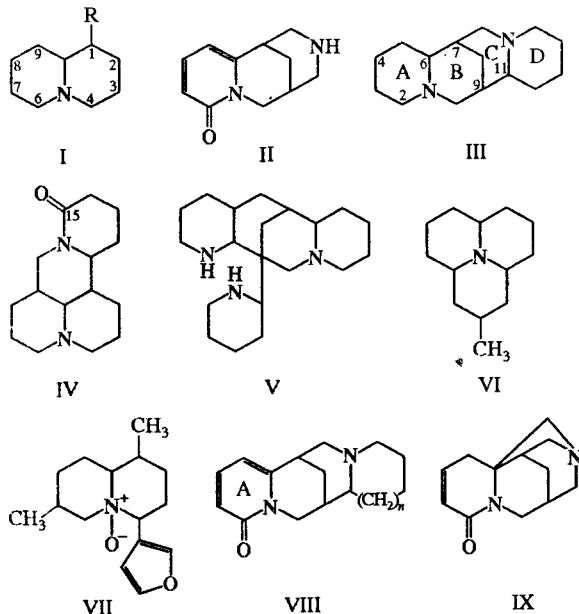
Лит.: Садыков С. А., Асланов Х. А., Кушмурадов Ю. К., Алкалоиды хинолизинового ряда, стереохимия, биогенез, М., 1975; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 286.

В. И. Келарев.

ХИНОЛИЗИДИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ (алкалоиды лупина), содержат в молекуле ядро *хинолизидина*. Насчитывают ок. 200 представителей. Выделены из растений семейства бобовых (Leguminosae), родов люпин (*Lupinus*), ракичник (*Cytisus*), софора (*Sophora*), термопсис (*Thermopsis*), песчаная акация (*Ammodendron*), аммотамнус (*Ammothamnus*), а также нек-рых растений др. семейств, напр. маревых (*Chenopodiaceae*), барбарисовых (*Berberidaceae*), маковых (*Papaveraceae*), кувшинковых (*Nymphaeaceae*).

Встречаются би-, три-, тетрациклические и димерные Х. а. Все они делятся на группы: 1) лупинина (ф-ла I; R = CH_2OH);

2) цитизина (II); 3) спартеина (III); 4) матрина (IV); 5) ормозанина (V); 6) 9b-азафеналена (VI). Первую группу составляют лупинин, его сложные эфиры, структурные аналоги с кетопиперидиновым заместителем в положении 1 или 3 и алкалоиды типа нуфаридина (VII). Лупинин (1-гидроксиметилхинолизидин; мол. м. 169,27) представляет собой бесцв. кристаллы, т. пл. 69 °С; окисляется по первичной спиртовой группе до лупинолового к-ты (I; R = COOH).



Ко второй группе относятся трициклические X. а. Осново-положник ряда – цитизин (II), мол. м. 190,24, бесцв. кристаллы, т. пл. 153–155 °С, $[\alpha]_D^{20}$ –120° (вода); т. пл. его перхлората 298 °С.

Третья группа наиб. многочисленна, что объясняется наличием 4 асимметрич. атомов С в положениях 6, 7, 9 и 11 (ф-ла III), разл. степенью гидрирования и положением карбонильной, гидроксильной и сложноэфирной групп. В зависимости от размера и места сочленения кольца D различают подгруппы спартеина (III, мол. м. 234,38, т. кип. 188 °С/18 мм рт. ст., $[\alpha]_D^{20}$ –16,4°), леонтидина (VIII, n = 0) и тзукушинамина С (IX). К подгруппе спартеина относятся также пахикарпин [(+)-спартеин], анагирин (VIII, n = 1; мол. м. 244,34; т. кип. 210/4 мм рт. ст.; $[\alpha]_D^{20}$ –165°) и лупанин (отличается от анагирин тем, что кольцо А в нем полностью гидрировано; мол. м. 248,37; т. пл. 40 °С, $[\alpha]_D^{20}$ +61°). Наиб. значение имеет пахикарпин – маслообразное в-во, т. кип. 135 °С/1 мм рт. ст., $[\alpha]_D^{20}$ +17° (этанол); для перхлората и пикрата т. пл. 173 и 98 °С соответственно.

Молекулы X. а. группы матрина (IV) состоят из двух сконденсированных хинолизидиновых систем, для к-рых известно 7 стерич. изомеров из 8 возможных. Выделено более 40 алкалоидов этой группы. Все они имеют лактамную гидроксильных групп и двойных связей. Из растений часто выделяются в виде N-оксидов.

Алкалоиды пятой группы встречаются в растениях *Ormosia*; среди них имеются димерные соединения.

Установлены конформации и конфигурации и осуществлен синтез многих X. а. Их биогенетич. предшественником является лизин.

X. а. обладают разл. физиологич. активностью. В частности влияют на артериальное давление, стимулируют дыхание, приводят к возбуждению и сокращению мускулатуры матки, оказывают местноанестезирующее действие. В мед. практике применяют цитизин для возбуждения дыхания и пахикарпин в качестве ганглиоблокатора.

Лит.: Садыков С.А., Асланов Х.А., Кушмурадов Ю.К., Алкалоиды хинолизидинового ряда. Химия, стереохимия, биогенез, М., 1975; Alkaloids: chemical and biological perspectives, ed. S. W. Pelletier, v. 7, N. Y., 1984, p. 105.

В. И. Виноградова.

ХИНОЛИН, мол. м. 129,15; бесцв. жидкость с запахом пиридина, во влажном воздухе на свету желтеет; т. пл. –15,2 °С, т. кип. 236,6 °С, 108,8/10 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,0929; n_D^{20} 1,6268; μ 7,27·10^{–30} Кл·м; давление пара 0,34 кПа (75,3 °С), 1,41 кПа (104,3 °С); $\Delta H_{пл}$ 83,65 кДж/кг. Хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, мало раств. в воде (0,7% при 20 °С); гигроскопичен (захватывает до 22% H₂O); перегоняется с водяным паром. С неорг. и орг. солями дает аддукты (напр., C₉H₇N·HgCl₂ с т. пл. 223,5 °С), используемые для его выделения, очистки и идентификации.

X. – основание, сильнее, чем анилин, и слабее, чем пиридин, pK_a 4,90. Легко протонируется по атому N, образуя с минер. к-тами ограниченно растворимые устойчивые соли (т. пл. сульфата 164, дихромата 167, фосфата 165, хлороплатината 218 °С), с алкил-, нек-рыми арил-, ацилалогенидами и диалкилсульфатами – соответствующие четвертичные соли (соли хинолиния).

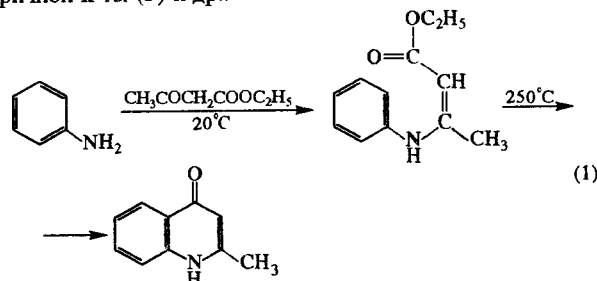
1-Алкилхинолинийгалогениды при нагр. в запаянной трубке до 300 °С претерпевают *Ладенбурга реакцию* с миграцией алкильного заместителя преим. в положения 2, 4 и 8; присоединяют цианид-анион с образованием 4-цианохинолинов, превращающихся в кислой среде в 4-хинолинкарбоновую (цинхиноновую) к-ту. К 1-ацилхинолиниевым солям цианид-анион присоединяется, давая 1-ацил-2-циано-1,2-дигидрохинолины – соед. Рейссерта.

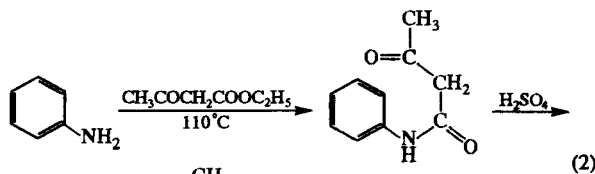
Электроф. замещение X. в мягких условиях идет преим. по положениям 5 и 8, напр. сульфирование дымящей H₂SO₄ при слабом нагревании, нитрование смесью HNO₃ и H₂SO₄ при 0 °С или галогенирование в конц. H₂SO₄ без нагревания в присут. Ag₂SO₄. Сульфирование при 230 °С идет в положение 5, при 300 °С – гл. обр. в положение 6; нитрование с помощью Zr(NO₃)₄ протекает преим. в положение 7. Нитрование смесью HNO₃ и H₂SO₄ при нагр. приводит к смеси 5,7- и 6,8-динитрохинолинов (вторая нитрогруппа вступает в *мета*-положение к первой). Галогенирование X. в CCl₄ и нитрование HNO₃ в (CH₃CO)₂O или N₂O₄ протекает с хорошими выходами по механизму присоединения – отщепления и приводит к образованию соответствующих 3-замещенных производных.

Нуклеоф. аминирование X. NaNH₂ по *Чичибабина реакции*, алкилирование и арилирование литийорг. соед. или реактивами Гриньяра и гидроксिलирование КОН или гипохлоритами щелочных металлов протекают преим. по положению 2.

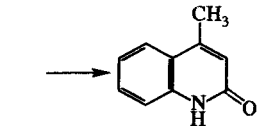
При действии восстановителей или каталитич. гидрировании над Pt X. превращается в 1,2,3,4-тетрагидрохинолин, к-рый при дальнейшем гидрировании дает декагидропроизводное. Окисление надкислотами приводит к хинолин-N-оксиду, щелочным р-ром KMnO₄ или SeO₂ в кипящей H₂SO₄ – к 2,3-пиридиндикарбоновой (хинолиновой) к-те.

X. выделяют при перегонке кам.-уг. смолы, нефтяных дистиллятов (т. кип. 230–240 °С), табака, алкалоидов цинхонина и хинина (в присут. щелочи в жестких условиях). Получают X. и его производные по *Дёбнера–Миллера реакции*, *Скраупа реакции*, *Фридлендера синтезу*, взаимод. ароматич. аминов с β-кетозафирами – синтезы Конрада–Лимпах (р-ция 1) и Кнорра (2), циклизацией *орто*-аминопроизводных коричной к-ты (3) и др.:





(2)



(3)

X. — высококипящий слабоосновный p-ритель для S, P, As₂O₃ и др. в-в; ксилольный p-р смеси X. с S (6:1) — яд Розенмунда-Цетше — используется при восстановлении хлорангидридов карбоновых к-т до альдегидов в присут. 0,5% Pd на BaSO₄ или Pd/C; X. с порошком Cu применяют для декарбоксилирования непредельных к-т и дегидрогалогенирования продуктов взаимод. енолов с дихлоркарбенами. Производные X. — основа произ-ва мн. лек. препаратов, напр. *энтеросептала*, аминохинола, трихомонацида, хиноцида и др., а также цианиновых красителей. Ядро X. входит в состав *хинолиновых алкалоидов*.

Лит.: Петренко Д. С., *Пиридиновые и хинолиновые основания*, М., 1975; Физер Л., Физер М., *Реагенты для органического синтеза*, т. 4, М., 1977, с. 120; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 196–255.

Л. Н. Яхонтов.

ХИНОЛИНОВАЯ КИСЛОТА (2,3-пиридиндикарбоновая к-та), мол. м. 167,12; бесцв. кристаллы, т. пл. 190–191 °С (с разл.). Раств. в воде, плохо раств. в этаноле, диэтиловом эфире и др. орг. p-рителях. При нагревании 190 °С или с CH₃COOH декарбоксилируется с образованием *никотиновой кислоты*. С солями тяжелых металлов легко образует плохо p-римые в воде и орг. p-рителях соли, используемые для ее идентификации, напр. соль Cu(II) голубого цвета, соль Hg(II) коричневого цвета, Fe(III) — черно-коричневого, U(IV) — желто-зеленого цвета.

При нагревании с (CH₃CO)₂O или SOCl₂ X.к. образует внутр. ангидрид, с NH₃ в сухом бензоле — имид (т. пл. 230 °С), с CH₃OH в HCl — диметилэфир (т. пл. 53–54 °С). При взаимодействии с CH₃OH в конц. H₂SO₄ X.к. превращается в 2-метоксикарбонилникотиновую к-ту. Восстановление X.к. Na в кипящем этаноле приводит к гексагидрохинолиновой к-те, в кипящем изоамиловом спирте — к гексагидроникотиновой к-те.

Получают X.к. окислением хинолина или 2,3-диметилпиридина щелочным p-ром KMnO₄.

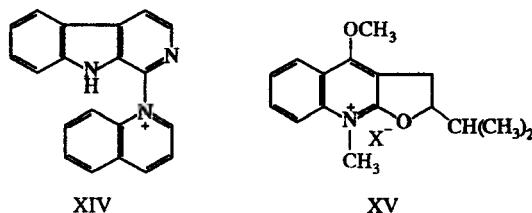
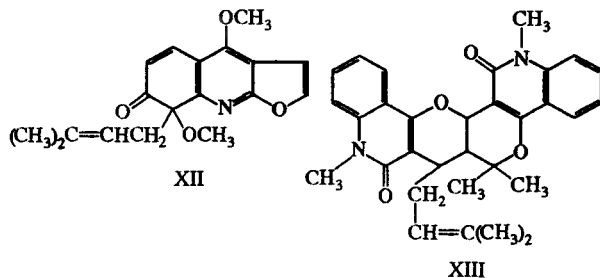
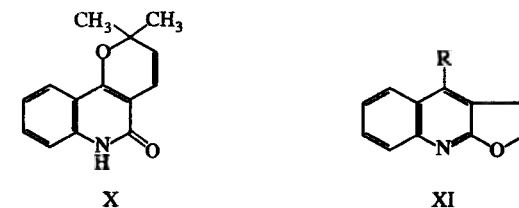
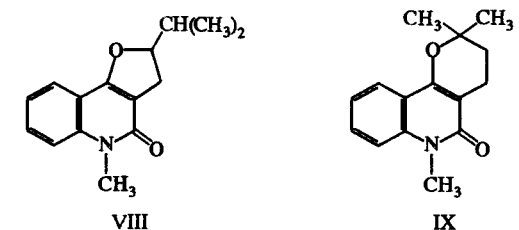
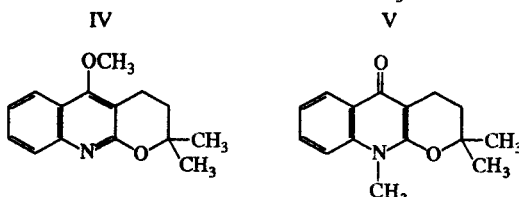
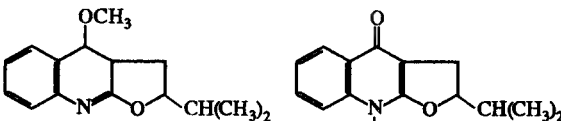
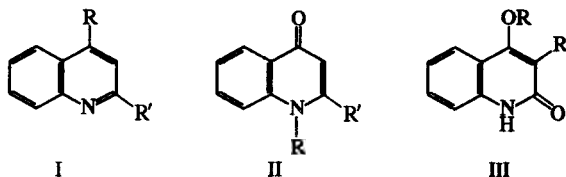
Лит.: *Гетероциклические соединения*, под ред. Р. Эльдери, пер. с англ., т. 1, М., 1953, с. 446; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 228.

Л. Н. Яхонтов.

ХИНОЛИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ, содержат в молекуле остаток *хинолина* или нек-рых его производных. Включают более 300 представителей. Выделены из растений 14 семейств, а также нек-рых микроорганизмов и животных. Наиб. богатые ими растения семейства рутовых (Rutaceae), мареновых (Rubiaceae), парнолистниковых (Zygophyllaceae) и сложноцветных (Compositae).

Различают след. основные группы X. а.: 1) простые хинолины (общая ф-ла I; R = H, OCH₃, R' = алкил, арил), 4-хинолоны (II; R = H, CH₃, R' = H, алкил, арил) и 2-хинолоны (III; R = H, CH₃, R' = H, алкил, алкенил); 2) гемитерпеноидные и терпеноидные трициклич. производные типов IV–X; 3) фуранохинолины, к к-рым относятся, в частности, производные диктамина (XI; R = OCH₃) и соед. типа XII; 4) димерные алкалоиды, напр. XIII. К X. а. иногда относят также соед., содержащие кроме хинолина остатки хинуклидина (в частно-

сти, *хинин*), β-карболина (как в XIV) и др.; однако чаще их выделяют в отдельный класс алкалоидов, специфичный для растений определенных родов, напр. хинного дерева (Cinchona), селитрянки (Nitraria).



Каждой группе алкалоидов присущи характерные хим. и спектральные св-ва. Общие св-ва X. а., содержащих в положениях 2 или 4 метоксигруппу: а) способность изомеризоваться при нагр. с CH_3I в N-метил-2(или 4)-хинолоны (напр., IV изомеризуется в V, VI – в VII); б) легкость гидролиза (деметилирования) в щелочной или кислой среде, напр., XI ($\text{R} = \text{OCH}_3$) \rightarrow XI ($\text{R} = \text{OH}$). Природные и синтетич. четвертичные X. а. при пиролизе или нагревании с безводным пиридином превращаются в соответствующие третичные основания, напр. соединения XV в IV.

2-Хинолоны, напр., 4-метокси-3-пенил-2-хинолон [III; $\text{R} = \text{CH}_3$, $\text{R}' = \text{CH}_2\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$] при нагр. с конц. HCl или HBr в ледяной CH_3COOH образует трициклические X. а. типа VII и IX.

Характерная р-ция фуранохинолиновых алкалоидов (XI) – гидрогенолиз фуранового кольца с образованием 3-этил-2-хинолоновых производных (III; $\text{R} = \text{CH}_3$, $\text{R}' = \text{C}_2\text{H}_5$).

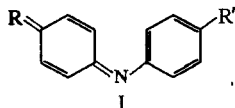
Для исследования структуры X. а. используют спектральные методы. По значению максимумов поглощения в ИК и УФ спектрах и характеру их смещения в зависимости от pH среды различают не только группы X. а., но и иногда положения заместителей. Масс-спектрометрия позволяет установить принадлежность алкалоида к определенной группе и различать такие близкие изомеры, как V и VII; VIII и IX. По положению и интегральной интенсивности полосы поглощения в области $1610\text{--}1665\text{ см}^{-1}$ ИК спектра можно различить 2- и 4-хинолоны, а также изомерные соединения V и VIII, VII и IX. В большинстве случаев о полной структуре X. а. можно судить по данным спектров ЯМР ^1H и ^{13}C .

Различные X. а. имеют разных биогенетич. предшественников. Так биосинтез хинина и производных кинуреновой к-ты (I; $\text{R} = \text{OH}$, $\text{R}' = \text{COOH}$) осуществляется из триптофана, а X. а. семейства рутовых (соед. I–XIII, XV) – из антралиновой кислоты.

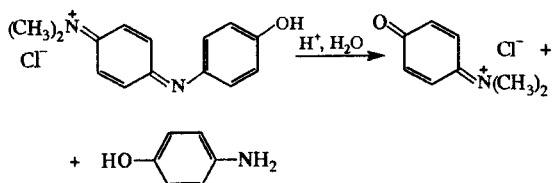
X. а. обладают широким спектром физиологич. активности. Большинство алкалоидов оказывает успокаивающее действие на центр. нервную систему: нек-рые из них, напр. флиндерсин (X), проявляют антифидантные св-ва. В медицине применяется хинин и эхинопсин (II; $\text{R} = \text{CH}_3$, $\text{R}' = \text{H}$) как стимулятор центр. и периферич. нервной системы.

Лит.: Садритдинов Ф. С., Курмуков А. Г., Фармакология растительных алкалоидов и их применение в медицине, Таш., 1980; Бессонов И. А., Юнусов С. Ю., «Химия прир. соед.», 1989, № 1, с. 4–18; Manske R. H. F., Rodrigo R., в кн.: The Alkaloids, v. 17, N. Y., 1979, p. 105–200. И. А. Бессонова.

ХИНОНИМИНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ, содержат в молекуле остаток *n*-хинонимина или *n*-хинондиимина (см. **Хинонимины**), напр. N-арилпроизводные ф-лы I ($\text{R} = \text{O}$ или NH, $\text{R}' = \text{H}$). Обладают яркими глубокими цветами от синевато-красного до зеленого, но отличаются малой светостойкостью и очень малой устойчивостью к действию хим. реагентов.

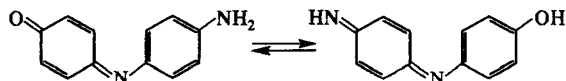


Под действием восстановителей образуют бесцв. лейкосоединения – диариламины, под действием окислителей – хиноны. Разбавленные к-ты расщепляют X. к. по двойной связи азот-хиноидное ядро, напр.:

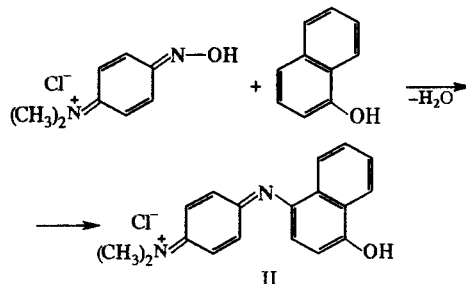


Введение в X. к. электронодонорных заместителей приводит к глубоко окрашенным соед., обладающим средством к волокну и значит. красящей способностью.

X. к. получают совместным окислением ароматич. диамина (или аминифенола) и ароматич. амина (или фенола) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) в кислой среде либо NaClO в щелочной среде при низкой т-ре. Другой способ – взаимодей. нитрозоариламинов с ариламином или фенолом. При окислении смеси 4-аминофенола и фенола, а также взаимодей. 4-нитрозофенола с фенолом образуется индофенол синий (I; $\text{R} = \text{O}$, $\text{R}' = \text{OH}$). При окислении смеси 1,4-арилендиамина с фенолом либо 4-аминофенола с ариламином получают индоанилины, к-рые существуют в двух таутомерных формах (оттенки от синего до синевато-зеленого):

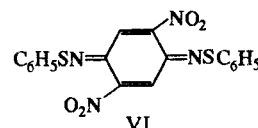
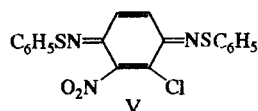
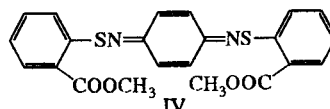
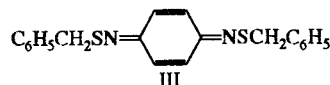


Индоанилины м. б. получены также взаимодей. 4-нитрозоарил-амина с фенолом или 4-нитрозофенола с ариламином. Из индоанилинов применяют α -нафтоловый синий (II; $\lambda_{\text{макс}}$ 605 нм) – основной X. к., получаемый взаимодей. *n*-нитрозодиметиланилина с α -нафтолом при $0\text{--}5^\circ\text{C}$:



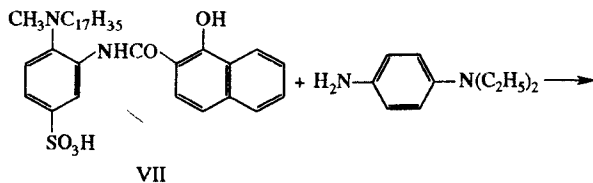
Окисление смеси 1,4-арилендиамина с ариламином приводит к индаминам (I; $\text{R} = \text{NH}$, NH_2 , NAlk_2 , $\text{R}' = \text{NH}_2$, NAlk_2); последние имеют глубокие цвета от синего до зеленого (особенно четвертичные соли). Простейший краситель этой группы – зеленый Биндшпеллера (см. **Оксазиновые красители**).

Известна группа достаточно устойчивых X. к., содержащих атомы серы. Последние пригодны в качестве дисперсных красителей для полиэфирных волокон. К ним относятся ярко-желтый X. к. (III, $\lambda_{\text{макс}}$ 444 нм), оранжевый X. к. (IV, $\lambda_{\text{макс}}$ 483 нм), синевато-красный X. к. (V, $\lambda_{\text{макс}}$ 519 нм), фиолетовый X. к. (VI, $\lambda_{\text{макс}}$ 545 нм).



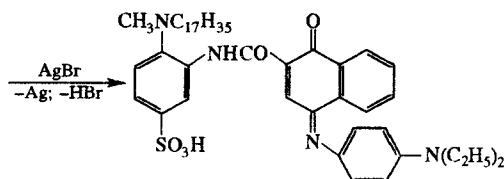
Из-за низкой хим. стойкости X. к. не применяют для крашения большинства волокнистых материалов. Их используют для крашения бумаги, в полиграфии и лакокрасочном произ-ве.

Большое значение имеют Х. к. в цветной фотографии, где с их участием воспроизводятся голубые (синие) и смешанные цвета, в к-рых голубые комбинируются с другими, напр. с желтыми – для получения зеленых окрасок, с красными – фиолетовыми и т. д. В качестве голубых компонентов используют производные α -нафтола, напр. соед. VII, к-рое в процессе цветного проявления окисляется засвеченным бромидом серебра совместно с цветным проявителем (N, N'-диэтил-1,4-фенилендиамин) с образованием голубого Х. к. (VIII; $\lambda_{\text{макс}}$ 605 нм):



„Голубой” компонент
(бесцветный)

„Цветной” проявитель
(бесцветный)

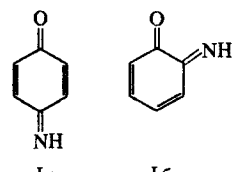


VIII

Х. к. – промежуточные продукты в синтезе оксазиновых, тиазиновых, диазиновых, сернистых и кубовых красителей. Нек-рые Х. к. применяют в качестве окислит.-восстановит. индикаторов.

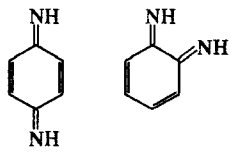
Лит.: Венкатараман К., Химия синтетических красителей, пер. с англ., т. 2, Л., 1957; Химия синтетических красителей, под ред. К. Венкатарамана, пер. с англ., т. 4, Л., 1975; Степанов Б. И., Введение в химию и технологию органических красителей, 3 изд., М., 1984. Б. И. Степанов.

ХИНОНИМИНЫ. Различают *n*- и *o*-хинонимины (ф-лы Ia и Ib) и *n*- и *o*-хинондиимины (IIa и IIб). Наиб. практич. значение



Ia

Iб



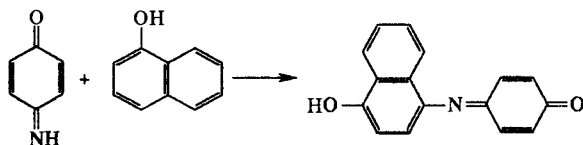
IIa

IIб

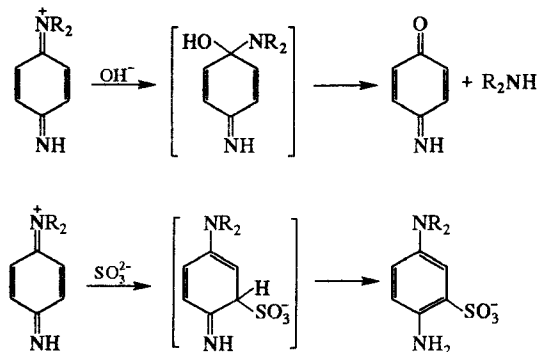
имеют *пара*-изомеры. Незамещенные Х. – бесцв. кристаллы, неустойчивы, разлагаются на свету и в присут. р-рителей. Замещение атомов Н при атоме азота на алкил или фенил стабилизирует молекулу Х., что выражается также в углублении цвета производного; так, N-метил-*n*-хинонимин – светло-желтые, N-фенил-*n*-хинонимин (т. пл. 97 °С) – красные, N, N'-дифенил-*n*-хинондиимин (т. пл. 180 °С) – темно-красные кристаллы.

Характерное св-во Х. – способность к легкому гидролизу разбавленными к-тами с образованием соответствующего хинона и NH₃.

Взаимод. Х. с разл. восстановителями приводит к аминифенолам или диаминам. С фенолами хинонимины образуют индофенольные красители, напр. красный краситель в случае нафтола:



N-Алкилзамещенные хинондиимины в щелочной среде превращаются в хинонимин, с сульфитами щелочных металлов образуют сульфаты:



Незамещенные Х. и их N-алкильные производные вступают в диеновый синтез с циклопентадиеном.

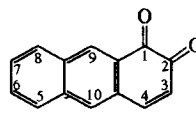
Незамещенные Х. получают осторожным окислением эфирным р-ром Ag₂O *n*-аминофенола (в случае *n*-хинонимина) и *n*-фенилендиамина (в случае *n*-хинондиимина). N-Фенилхинонимин синтезируют в аналогичных условиях из *n*-аминофенола, N, N'-дифенилхинондиимин – из N, N'-дифенил-*n*-фенилендиамина.

Х. – основа *хинонимино*вых красителей.

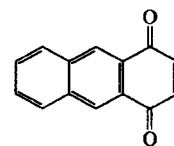
Г. И. Пуча.

ХИНОНЫ, циклич. дикетоны, в молекулах к-рых кетогруппы входят в систему сопряженных двойных связей.

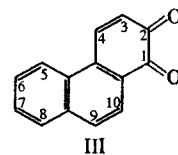
Наиб. практич. значение имеют *бензохиноны*, *нафтохиноны*, 9,10-антрахинон (см. *Антрахинон*), а также 1,2- и 1,4-антрахиноны (ф-лы I и II), 1,2-, 1,4- и 3,4-фенантрахиноны (ф-лы III–V, т. пл. 216, 153 и 133 °С, соотв.) и нек-рые дихиноны, напр. 1,4,5,8-нафтодихинон (VI).



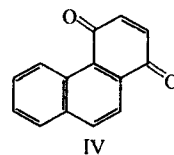
I



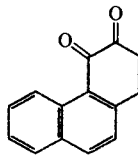
II



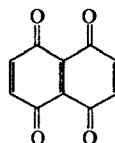
III



IV



V



VI

Х. – окрашенные кристаллы (табл.). Окраска Х. во многом зависит от взаимного расположения карбонильных групп в молекуле: 1,2-Х. окрашены, как правило, в красный или оранжево-красный цвет, 1,4-Х. окрашены менее интенсивно – в желтый или светло-желтый цвет. 1,4-Х. обладают большей летучестью и более резким запахом, чем 1,2-Х.

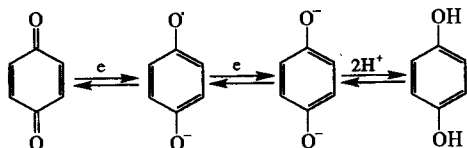
Х. весьма склонны к переходу в ароматич. соед.; присоединение одного электрона приводит к образованию семихи-

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ХИНОНОВ

Соединение	Цвет	Т. пл., °C	Окислит.-восстано- вит. потенциал, В (CH ₃ OH, 25 °C)*
1,2-Бензохинон	Ярко-красный	60–70	0,795 (H ₂ O)
1,4-Бензохинон	Светло-желтый	116	0,711 (C ₆ H ₆)
Тетрамстил-1,4-бензо- хинон (дурохинон)	Желтый	111–112	0,466
Тетрафлор- 1,4-бензохинон	Желтый	290	0,742 (C ₆ H ₆)
1,2-Нафтохинон	Красный	145–147	0,576
1,4-Нафтохинон	Желтый	128,5	0,484
1,2-Антрахинон	Красный	185–190	0,490
1,4-Антрахинон	Желтый	218	0,401
9,10-Антрахинон	Желтый	287	0,154
9,10-Фенантрахинон	Желтый	206–208	0,460
1,4,5,8-Нафтодикинон	Желтый	220	0,972 (H ₂ O)

*В скобках указан растворитель, отличный от CH₃OH.

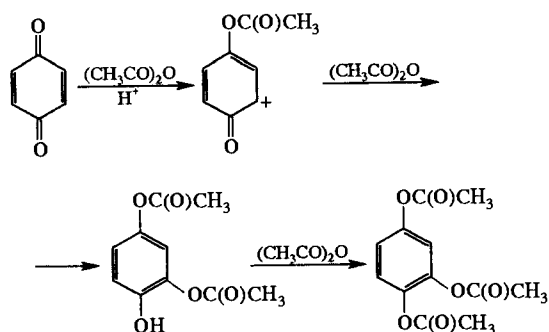
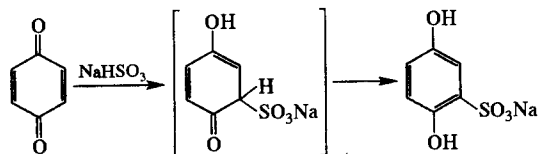
нонового анион-радикала, к-рый при присоединении еще одного электрона дает дианион, в кислой среде превращающийся в двухатомный фенол, напр. в случае 1,4-бензохинона:



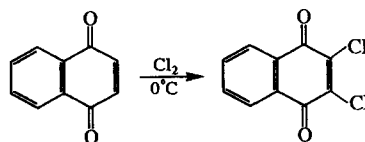
Склонность X. к участию в окислит.-восстановит. р-циях характеризуется окислит.-восстановит. потенциалом. В общем случае 1,2-X. имеют более высокие потенциалы, чем 1,4-X. Электроноакцепторные группы в молекуле X. обычно повышают его окислит.-восстановит. способность, электронодонорные – понижают.

По хим. св-вам X. аналогичны α, β-ненасыщенным кетонам. Под действием мягких восстановителей X. легко превращаются в гидрохиноны, причем легче всего восстанавливаются бензохиноны, труднее – 9,10-антрахинон. X. легко образуют комплексы с донорами электронов, напр. 1,4-бензохинон с гидрохиноном дает черно-зеленый кристаллич. комплекс хингидрона, с пиреном (1:1) в петролейном эфире – красный кристаллич. комплекс.

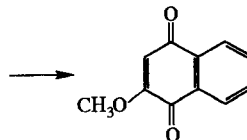
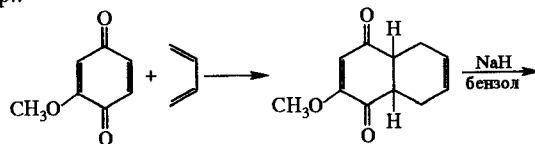
Для X. характерны р-ции присоединения, напр.:



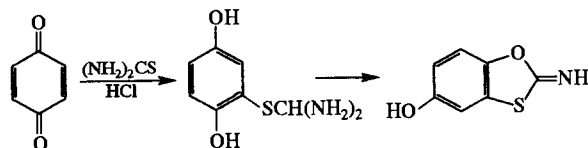
Взаимод. с Cl₂ при низкой т-ре протекает с сохранением хиноидной структуры, напр.:



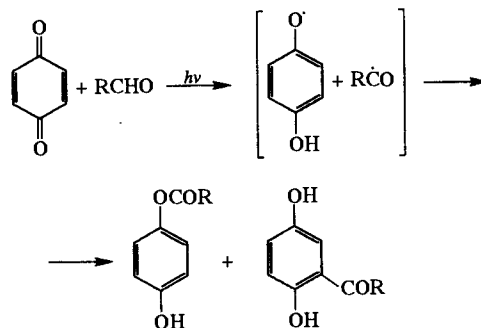
X. легко вступают в диеновый синтез, причем 1,2-X. могут выступать как диены и диенофилы, а 1,4-X. – как диенофилы, напр.:



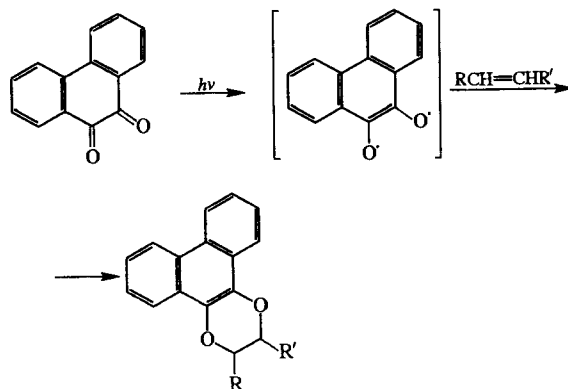
С тиомочевинной в HCl X. дают продукты, способные к дальнейшей циклизации с образованием гетероциклов, напр.:



Облучение X. УФ светом в присут. альдегидов приводит к продуктам C- и O-ацилирования, напр.:



В условиях фотохим. р-ций X. могут присоединять по кетогруппе олефины, напр.:



Получают X., как правило, окислением соответствующих фенолов, аминов или диаминов действием AgCO₃, соли Фре-

ми $(\text{KO}_3\text{S})_2\text{NO}$, $(\text{C}_6\text{H}_5\text{SeO})_2\text{O}$ (гл. обр. для синтеза 1,2-X), хромовой к-ты и др. окислителей.

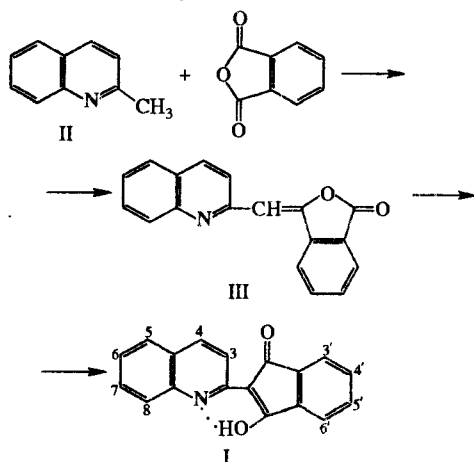
X. — структурные фрагменты прир. в-в (напр., витаминов K_1 и K_3 , см. *Витамин К*), антрахиноновых красителей, фталоилкарбазолов, орг. пигментов (см. *Пигменты*); 1,4-бензохинон — окислитель в фотографии, дубящее ср-во при крашении. Нек-рые X. и их производные — катализаторы в произ-ве синтетич. каучука и полиакрилатов (1,4-нафтохинон), окислит. дегидрирования (полинафтохинон) и окислит.-восстановит. процессов (алкилантрахиноны); полупродукты в синтезе полициклических кубовых красителей (2,3-дихлор-1,4-нафтохинон), бензантрона (9,10-антрахинон).

Лит.: Кэсон Д., в сб.: *Органические реакции*, пер. с англ., сб. 4, М., 1951, с. 270-336; Эфрос Л. С., Горелик М. В., *Химия и технология промежуточных продуктов*, Л., 1980; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 2, М., 1982, с. 830-47. См. также лит. при ст. *Антрахиноновые красители*.

Г. И. Пуца.

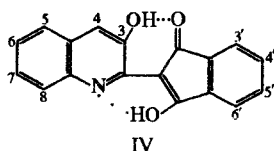
ХИНОФТАЛОНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ, группа красителей на основе хинофталона, или хинолинового желтого (ф-ла I). X. к. имеют чистую зеленовато-желтую окраску; при действии на них CH_3ONa в CH_3OH или H_2SO_4 образуют соли красного цвета.

X. к. получают конденсацией 2-метилхинолина (хинальдина; II) или его производных с ангидридами ароматич. орто-дикарбоновых к-т в расплаве при 200-220 °C в присут. ZnCl_2 или в орг. р-рителе (напр., о-дихлорбензоле) при 180 °C без катализатора; образующиеся производные изохинофталона (III) перегруппировываются в хинофталон (показана наиб. вероятная таутомерная форма):



При сульфировании I образуются кислотные X. к., содержащие группы SO_3H в положениях 5-8; из-за низкой устойчивости к свету эти красители и лаки на их основе потеряли свое значение.

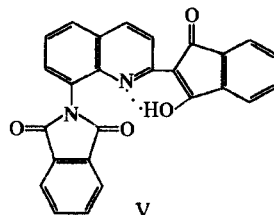
Большой устойчивостью к свету, а также более интенсивной окраской обладают производные 3-гидроксихинофталона (IV). Последние получают взаимодействием 3-гидроксихинальдин-4-карбоновой к-ты с о-фталевым ангидридом; образующаяся 3-гидроксихинофталон-4-карбоновая к-та декарбоксилируется в условиях р-ции.



Краситель IV благодаря способности легко возгоняться широко применяют в термопереводной печати, он также ограниченно пригоден в качестве дисперсного красителя, однако, при крашении полиэфирного волокна по нек-рым совр. способам, требующим нагревания до ~200 °C, неприменим из-за сублимации в условиях крашения. Для повыше-

ния устойчивости к сублимации IV бромруют в положение 4 (4-бром-3-гидроксихинофталон — один из самых ценных желтых дисперсных красителей) либо используют IV, замещенные в индандионовом фрагменте на разл. заместители, напр. атомы галогена в положениях 3'-6', алкоксикарбонильную или карбамоильную группу в положении 4' (для синтеза этих соед. применяют соответствующие производные фталевого ангидрида).

В качестве зелено-желтых пигментов используют соед. ф-лы V, содержащие фтальмидный (или тетрагалогенфтальмидный) остаток. Их получают взаимодействием 8-аминохинальдина с фталевым ангидридом или его тетрагалогенпроизводным.



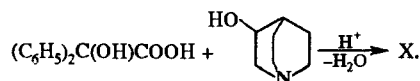
Несмотря на ограниченность цветовой гаммы X. к. сохраняют практич. значение благодаря простоте синтеза и хорошим колористич. св-вам.

Лит.: Венкатараман К., *Химия синтетических красителей*, ч. 2, Л., 1957, с. 1367-71. Л. В. Аринич.

ХИНУКЛИДИЛ-3-БЕНЗИЛАТ (3-хинуклидиловый эфир гидроксифенилуксусной к-ты, би-зет, BZ), бесцв. кристаллы без вкуса и запаха; т. пл. 167,5 °C, т. кип. 412 °C; плотность 1,33 г/см³ (20 °C); практически не раств. в воде, раств. в алкилгалогенидах; летучесть 0,0005 мг/л (70 °C).

Химически устойчив. Гидролизуется медленно; время гидролиза на 50% при 25 °C составляет: 3-4 недели при pH 7, 7 ч при pH 10, 2 мин при pH 13. Образует водорастворимые соли с орг. и минер. к-тами, обладающие такой же биол. активностью, что и исходное основание. X. стоек к нагреванию и переводится в аэрозольное состояние методом термич. возгонки без заметного разложения.

X. получают взаимодействием бензиловой к-ты или ее метилового эфира с 3-хинуклидином:



X. — психотропное ОВ, временно (в среднем на 1 сут) вызывающее живую силу из строя. Вызывает поражения через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и открытые раны. Симптомы поражения (после периода скрытого действия, длящегося 30-60 мин): расширение зрачков, сухость во рту, учащение пульса, мышечная слабость, ослабление внимания и памяти, снижение р-ции на внеш. раздражители, возникновение явлений психомоторного возбуждения, периодически сменяющихся галлюцинациями, потеря контакта с окружающим миром.

Пороговая доза при ингаляции 2 мг на человека, средняя выводящая из строя концентрация 0,11 мг/л при экспозиции 1 мин. Смертельные поражения для X. нехарактерны: при ингаляции с вероятностью 50% смерть наступает у людей при экспозиции 10 мин и концентрации 11 мг/л; при внутривенном введении мышам ЛД₅₀ 23,5 мг/кг.

Защита органов дыхания от аэрозоля X. — противогаз.

Лит. см. при ст. *Отравляющие вещества*.

В. И. Емельянов.

ХИНУКЛИДИН (1-азабисцикло[2.2.2]октан), мол. м. 111,19; бесцв. летучие кристаллы; т. пл. 158-159 °C (с возгонкой); хорошо раств. в орг. р-рителях и воде.

X. — основание, pK_a 2,9; с к-тами образует соли, т. пл. гидрохлорида 315 °C, пикрата 280 °C, хлорплат-

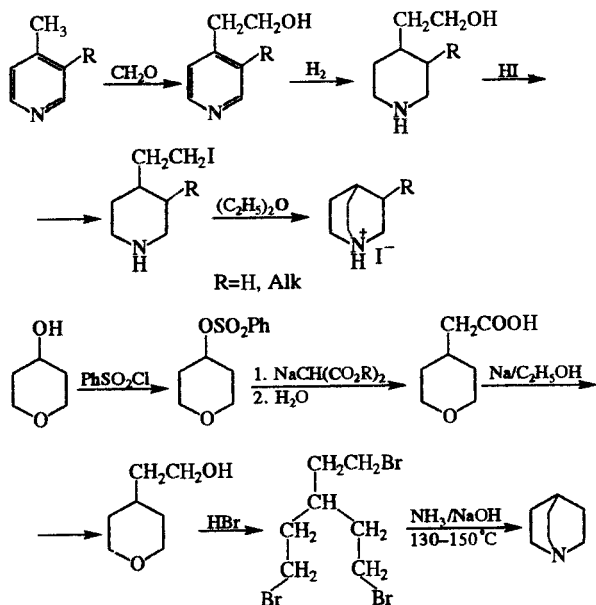
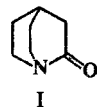


тинага 238–240 °С (с разл.); с алкилгалогенидами – четвертичные соединения, т. пл. иодэтилата 270–272 °С.

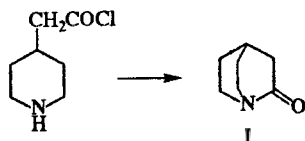
Молекула X. – бициклич. система с узловым атомом N; каждый из циклов имеет жестко закрепленную форму ванны. Несвязанная электронная пара у атома N строго ориентирована по оси бицикла и не взаимодействует с соседними аксиальными связями C–N.

X. – устойчив к действию кипящих HCl, HI, кислого р-ра KMnO₄. Легко алкилируется при взаимодействии с электроф. агентами, напр. CH₃I, (CH₃)₂CHI; с (C₂H₅)₃N, (CH₃)₃B образует аддукты; на Pd/C при 300 °С подвергается дегидрогенализу с образованием 4-этилпиперидина.

Среди производных X. хорошо изучены 2-оксохинуclidин (ф-ла I) и его производные. Формально являясь бициклич. амидом, соед. I (pK_a 5,3–5,6) проявляет св-ва аминокетонов; в отличие от обычных амидов присоединяет протон по атому O; при взаимодействии с протонными нуклеофилами (H₂O, амины, спирты и др.) выступает как ацилирующий агент, при этом реакция протекает с разрывом связи N–C(O) и образованием амидов, кислот, сложных эфиров и др. X. и его алкилзамещенные м. б. получены по след. схемам:



Соед. I получают внутримолекулярным ацилированием из производного пиперидина:



X. – структурный фрагмент некоторых хинолиновых алкалоидов групп цинхонина – цинхоинамина (выделены из растений рода Cinchona; см. Хинин), сарпагина – аймалина (из растений рода Rauwolfia; см. Аймалин), макузина (из растений рода Strchnos; см. Стрихнин). Многие производные X. – лек. ср-ва, напр. ацеклидин (см. Холиномиметические средства), оксипиридин, фенкартол и др.

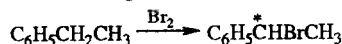
Лит.: Яхонтов Л. Н., Михлин Е. Е., «Химия гетероциклич. соединений», 1975, № 8, с. 1011–25; Коробицына И. К. [и др.], «Химия гетероциклич. соединений», 1983, № 2, с. 147–69; Mashkovsky M. D., Yakhotov L. N., Churukanov V. V., Handbook of experimental pharmacology, ed. by D. A. Kharkevich, v. 79, B.- N. Y., 1986, p. 371–82. Л. Н. Яхонтов.

ХИРАЛЬНОСТЬ, св-во объекта быть несовместимым со своим отображением в идеальном плоском зеркале. В химии рассматривается X. индивидуальных молекул и их агрегатов.

Противоположное X. св-во – ахиральность, когда отображение в плоском зеркале совместимо с исходной фигурой.

Наряду с конфигурацией и конформацией (см. Конфигурация стереохимическая, Конформационный анализ) X. основное, фундам. понятие стереохимии. Мат. условием X. является отсутствие зеркально-поворотных осей симметрии S_n. Хиральные молекулы принадлежат к точечным группам симметрии, имеющим в качестве элементов симметрии только простые поворотные оси, – это группы C_n, D_n, T, O, I.

Хиральные молекулы существуют в виде пар энантиомеров (см. Изомерия), различающихся только знаком оптич. вращения (см. Оптическая активность), к-рое связано с конфигурацией. Если в молекуле содержится более одного хирального фрагмента, то она существует в виде диастереомеров, различающихся по физ. и хим. св-вам. Ахиральную молекулу наз. прохиральной, если единичным структурным изменением в ней можно образовать хиральный фрагмент, напр. (звездочкой обозначен хиральный центр):



Различают центральную, осевую, планарную, винтовую и топологическую X. Первые 4 вида характеризуются наличием соответствующего элемента X.: центра, оси, плоскости, винтовой пов-сти (напр., в гелиценах, имеющих структуру спирального типа), а последняя – наличием топологич. связи (см. Топология), как в трилистном узле, или в сочетании этой связи со структурной несимметричностью, как в катенанах (рис.). Планарная X. характерна для многих металлоорг. соед., напр. для π-комплексов олефинов, аренов. Для энантиоморфных кристаллов целесообразно говорить о хиральной поверхности.

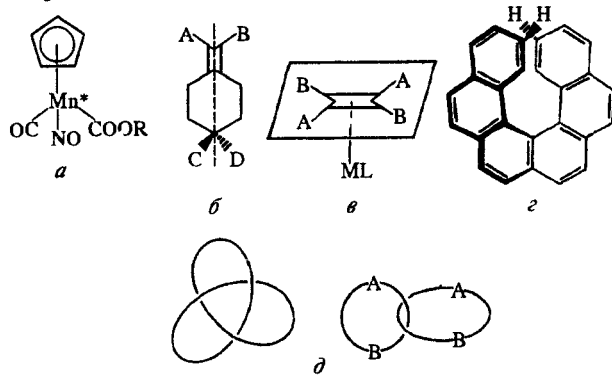


Рис. Молекулы с разл. элементами X.: а – центр; б – ось; в – плоскость; г – винтовая пов-сть; д – топологич. связь; А, В, С, D – разл. атомы или группы атомов, М – атом металла, L – лиганд.

X. лежит в основе концепции энантиотопии – диастереотопии (см. Топные отношения). Химически одинаковые атомы или группы хиральной молекулы анизохронны и проявляются как различные в спектрах ЯМР, их наз. диастереотопными. Такие группы в ахиральной молекуле энантиотопны и становятся анизохронными при взаимодействии с внеш. хиральной молекулой, напр. р-рителя.

Ввиду того, что почти все биомолекулы хиральны, X. имеет решающее значение при синтезе сложных соед., обладающих фармакологич. св-вами. Энантиоселективный синтез оптически активных биологически активных соед. наз. хиральным синтезом. X. играет важную роль также при синтезе регулярных полимеров, жидких кристаллов, материалов для нелинейной оптики, ферроэлектриков и др.

Лит. см. при ст. Стереохимия.

В. И. Соколов.

ХИРОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, объединяют родственные оптич. методы исследования оптически активных (хиральных) соед.: поляризацию (ПМ), дисперсию оптич. вращения (ДОВ) и круговой дихроизм (КД). X. м. основаны на взаимодействии поляризованного света с хиральными структурами, к-рые об-

ладают естественной оптич. активностью, т. е. вращают плоскость поляризации проходящего через них поляризованного света.

Плоскополяризованную световую волну можно представить как комбинацию левого и правого поляризованных по кругу лучей с соответствующими векторами E_l и E_r . Если взаимод. левого и правого поляризованных по кругу лучей со средой одинаково (это характерно для изотропных сред), то векторы имеют одинаковые величины (рис. 1, а).

Когда поляризованный свет проходит через анизотропную (хиральную) среду, то один из этих лучей распространяется быстрее другого, в результате чего суммарный вектор оказывается повернутым на нек-рый угол α , тем больший, чем больше разность скоростей распространения света в среде, т. е. показателей преломления n_l и n_r лучей, поляризованных по кругу влево и вправо. Это явление наз. двойным круговым (циркулярным) лучепреломлением (рис. 1, б).

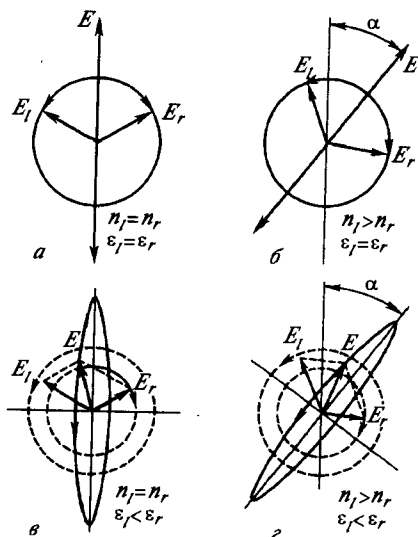


Рис. 1. Схема возникновения оптич. активности и эллиптичности: а – плоскополяризованный луч; б – плоскополяризованный луч после прохождения через оптически активное в-во (без КД); в – эллиптически поляризованный луч; г – эллиптически поляризованный луч после прохождения через оптически активное в-во (с КД).

Левый и правый поляризованные по кругу лучи по-разному поглощаются средой, т. е. $\epsilon_l \neq \epsilon_r$, где ϵ_l и ϵ_r – коэффициенты экстинкции для лучей с левой и правой круговой поляризацией. Суммирование соответствующих им векторов неравной величины E_l и E_r дает результирующий вектор, конец которого описывает эллипс (рис. 1, в), т. е. плоскополяризованный свет после прохождения через хиральную среду становится эллиптически поляризованным. Это явление наз. круговым дихроизмом. Количеств. мерой этого явления служит угол эллиптичности ϕ , тангенс к-рого равен отношению осей эллипса.

Поскольку угол ϕ очень мал по величине, то принимают $\lg \phi \approx \phi$ и, проводя преобразования, получают $\phi = \pi \cdot l / \lambda \times (\epsilon_l - \epsilon_r)$ в радианах, где λ – длина волны падающего света в вакууме, l – толщина слоя в см. Так как оба явления – двойное круговое лучепреломление и круговой дихроизм происходят одновременно, то суммарно эффект прохождения плоскополяризованного света через хиральную среду описывается эллипсом с вращающейся главной осью (рис. 1, г).

Для характеристики оптически активных в-в методом поляриметрии и используют величины удельного и молярного оптич. вращения (см. *Оптическая активность*). Величины оптич. вращения зависят от длины волны применяемого света. Эта зависимость наз. дисперсией оптич. вращения.

В методе КД используют величину дихроичного поглощения $\Delta\epsilon = \epsilon_l - \epsilon_r = \Delta D / (l \cdot c)$, где D – оптич. плотность кругового дихроизма; c – концентрация в моль/л, и величину эллиптичности $[\theta] = 100\phi / l \cdot c$. Эти две величины связаны между собой соотношением $[\theta] = 3300 \cdot \Delta\epsilon$.

Техника измерения. Оптич. вращение измеряют с помощью поляриметра. Луч источника света (натриевой или ртутной лампы) при прохождении через поляризатор – призму Николя или пленки – поляризуется в плоскости. Поляризованный свет пропускается через кювету с в-вом и попадает в анализатор (тоже призма Николя). Если плоскости поляризации обеих призм расположены друг относительно друга под прямым углом, то поляризованный свет в отсутствие оптически активного в-ва через анализатор не проходит. Чтобы поляризованный свет не проходил через анализатор после помещения в прибор оптически активного в-ва, анализатор необходимо повернуть на нек-рый угол вправо или влево. Этот угол и представляет собой наблюдаемое оптич. вращение, к-рое затем пересчитывается в удельное $[\alpha]_d$ или мол. вращение $[M]_d$.

Для измерения ДОВ и КД используют спектрополяриметры и дихрографы. Они имеют устройство, аналогичное поляриметру, с тем отличием, что источник света (ксеноновая лампа) в них сочетается с монохроматором, позволяющим проводить измерения в области 1000–175 нм. В дихрографах имеется также устройство для определения дихроичного поглощения (измерение $\Delta\epsilon$) или устройство для преобразования плоскополяризованного света в эллиптически поляризованный (измерение ϕ). Приборы снабжены автоматич. фотоэлектрич. регистрирующим устройством.

Спектры ДОВ и КД. Хироптич. явления по своей природе связаны с электронными переходами в хиральных молекулах. Для их интерпретации существенно, что появление индивидуальных полос в УФ спектрах обусловлено возбуждением электронов, принадлежащих соответствующим функциональным группам, называемым хромофорами. Для соед. без хромофоров в исследуемой области спектра $[M]_d$ или $[\theta]_d$ (рис. 2) монотонно возрастает или падает с уменьшением длины волны. Такие кривые ДОВ называются соотв. плавными положительными или плавными отрицательными.

Плавные кривые ДОВ м. б. описаны ур-нием Друде, к-рое справедливо для области, далекой от полосы поглощения. В общем виде для соед. с неск. хромофорами ур-ние Друде имеет вид:

$$[M]_d = A_i / (\lambda^2 - \lambda_{0i}^2),$$

где A_i – соответствующие константы; λ_{0i} – полосы поглощения i -тых хромофоров. По данным ДОВ с использованием ур-ния Друде можно определить положение полосы поглощения, лежащей в спектральной области, недоступной для непосредственных измерений.

В области полосы поглощения наблюдается аномальный ход кривой ДОВ: оптич. вращение возрастает с уменьшением длины волны, проходит через максимум (пик), затем падает, пересекает ось нулевого вращения, достигает минимума (впадина) и снова возрастает (рис. 2). Такой S-образный ход кривой ДОВ наз. эффектом Коттона (открыт А. Коттоном в 1896). В спектрах КД эффект Коттона проявляется в виде полосы дихроичного поглощения, обычно в области полос поглощения, характерных для определенных хромофоров, к-рые наз. оптически активными.

Эффект Коттона характеризуется: а) положением максимума в спектре КД (при длине волны λ_0 на рис. 2) и положением пика или впадины (соотв. λ_1 и λ_2) на кривой ДОВ, при этом максимум КД (или средняя точка на кривой ДОВ) в случае изолированного хромофора совпадает с максимумом в УФ спектре; б) знаком – эффект Коттона положительный, если в длинноволновой области спектра наблюдается пик, и отрицательный, если в длинноволновой области расположена впадина; в) эллиптичностью в спектре КД в

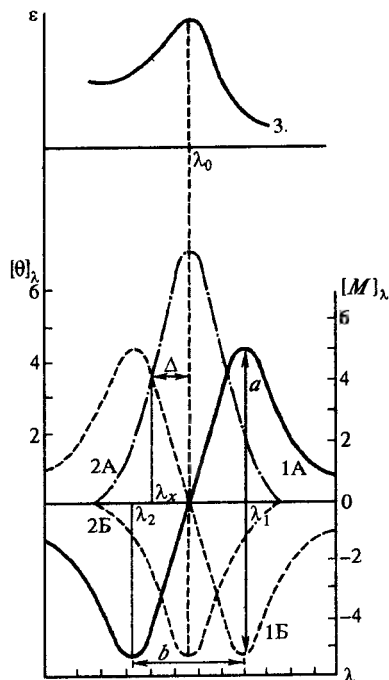


Рис. 2. Спектры ДОВ (кривые 1А, 1Б), КД (2А, 2Б) и УФ (3); кривые А – положительные, Б – отрицательные эффекты Коттона.

точке максимума ($[\theta]_{\lambda_0}$) или амплитудой a , к-рая определяется как разность между величинами мол. вращений в точках пика и впадины, деленная на 100:

$$a = ([M]_{\lambda_1} - [M]_{\lambda_2})/100,$$

где $\lambda_1 > \lambda_2$; г) полушириной полосы поглощения в спектре КД $\Delta = \lambda_x - \lambda_0$ при $[\theta]_{\lambda_x} = [\theta]_{\lambda_0} e^{-1}$ или шириной b для кривой ДОВ; д) вращательной силой R_i , к-рая характеризует вклад данного электронного перехода в оптич. активность, т.е. степень асимметр. воздействия элемента хиральности, имеющегося в молекуле, на хромофор.

Вращат. сила R определяется как скалярное произведение электр. μ_e и магнитного μ_m дипольных моментов электронного перехода:

$$R = |\mu_e| \cdot |\mu_m| \cdot \cos \psi,$$

где ψ – угол между μ_e и μ_m . Экспериментально R находят из спектров КД. Проблема определения R сводится к интегрированию площади под дихроичной полосой, получаемой при регистрации спектров КД. С учетом гауссовой формы кривой КД для расчета R предложена ф-ла:

$$R = 1,234 \cdot 10^{-42} \cdot [\theta]_{\lambda_0} \cdot \Delta \lambda.$$

Величина R м. б. рассчитана также из ур-ния Друде по ф-ле:

$$R_i = 1,09 \cdot 10^{-42} \cdot A_i / \lambda_{0i}^2.$$

Эффект Коттона, связанный с одним и тем же электронным переходом, имеет одинаковый знак как для ДОВ, так и для КД. Энантиомеры дают зеркально-симметричные кривые ДОВ и КД. При наложении неск. эффектов Коттона получают сложные кривые ДОВ и КД (см. ниже). Параметры спектров ДОВ и КД связаны между собой соотношениями Кронига – Крамерса. Для одного изолированного перехода (при λ') они м. б. записаны упрощенно:

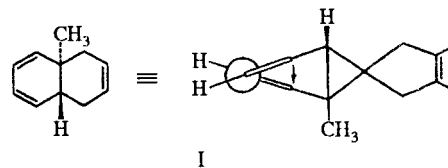
$$[M]_{\lambda} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} [\theta]_{\lambda'} \cdot \frac{\lambda'}{\lambda^2 - \lambda'^2} \cdot d\lambda',$$

$$[\theta]_{\lambda} = \frac{2}{\pi \lambda} \int_0^{\infty} [M]_{\lambda'} \cdot \frac{\lambda'^2}{\lambda^2 - \lambda'^2} \cdot d\lambda'.$$

Информация о конфигурации и конформациях хиральных соед., получаемая методами ДОВ и КД, и техника измерения в основном одинаковы. Однако спектры ДОВ более сложны по форме и поэтому труднее интерпретируются. На их измерение больше влияют такие факторы, как загрязнение, мутность р-ра и др. Для количеств. расчетов лучше использовать спектры КД. Но КД наблюдается только в области полос поглощения хромофоров. Поэтому для обнаружения оптич. активности лучше применять ДОВ. Для измерения применяют р-рители, не поглощающие в исследуемой области. Толщина кювет (слоя) меняется от 10 до 0,01 см. В коротковолновой области ($\lambda < 250$ нм) обычно используют концентрации р-ров порядка 0,1%. Для избежания ошибок желательно, чтобы оптич. плотность измеряемого р-ра не превышала 2.

Эффекты Коттона возникают благодаря присутствию хромофорных группировок в молекуле. Исходя из соображений симметрии, различают два типа хромофоров в оптически активных молекулах: 1) внутренне диссимметричные хромофоры, т.е. хромофоры, не имеющие в силу своей структуры центра или плоскости симметрии; 2) внутренне симметричные хромофоры, но диссимметрично возмущенные хиральным окружением в молекуле.

Хромофоры первого типа, как правило, дают интенсивные эффекты Коттона, знаки к-рых связаны с хиральностью самого хромофора. Примером внутренне диссимметричных хромофоров являются хромофоры, содержащие изолированные или сопряженные π -системы, скрученные вследствие наличия определенных структурных или конформационных требований, напр. соед. ф-лы I, гелицены (ф-лу см. в ст. Хиральность). В этих хромофорах электронная система связи сама по себе хиральна и обуславливает возможность проявления очень сильных эффектов Коттона ($\Delta \epsilon \sim 10-100$). При этом правоспиральная конформация сопряженных диенов обнаруживает положит. эффект Коттона, а левоспиральная – отрицат. эффект Коттона. Природа заместителей при двойных связях значительно слабее влияет на характер ДОВ и КД, чем хиральность хромофорной системы.



В сочетании с электронными спектрами удастся определить не только хиральность системы, но и углы поворота сопряженных групп, поскольку они заметно влияют на интенсивность поглощения. Описанные закономерности для хромофоров первого типа используют при анализе структур разл. природных соед., таких, как стероиды, терпены и др.

Эффекты Коттона, связанные с внутренне симметричными хромофорами второго типа, дают ценную информацию о расположении группировок, окружающих хромофор. В молекулах с такими хромофорами интенсивность и знак эффекта Коттона в спектрах ДОВ и КД сильно зависят от их ближайшего окружения. Примеры таких хромофоров – не напряженные изолированные двойные связи, $=CO$, $-O-$, $-COOR$, $-SCN$.

Правило октантов. Связь между знаком и величиной (полюсностью) наблюдаемого эффекта Коттона с конфигурацией или конформацией хирального в-ва выражается в виде полуэмпирич. правил. Наиб. часто применяют правило октантов для кетонного хромофора. Для этого хромофора наблюдается слабо интенсивный $n \rightarrow \pi^*$ переход в области 290 нм, обусловленный возбуждением электрона не связывающей $2p_x$ -орбитали и переходом его на разрыхляющую π^* -орбиталь, образованную двумя $2p_x$ -орбиталями атомов

углерода и кислорода карбонильной группы. Одна $2p_x$ -орбиталь лежит в плоскости yz , ее узловой плоскостью (или нулевой пов-стью) является плоскость xz (А; см. рис. 3, а). Вторая $2p_x$ -орбиталь лежит в плоскости xz и имеет две узловые пов-сти: плоскость yz (В) и неплоскую пов-сть (С), проходящую через центр связи $C=O$ перпендикулярно ей. Пересечение этих трех пов-стей, к-рые считаются в первом приближении плоскими, делит молекулу циклогексанона в конформации кресла на 8 октантов.

На основании эксперим. данных ДОВ и КД кетонов известной конфигурации и конформации было установлено, что атомы или группы атомов, расположенные в дальних (за плоскостью С) левом (Л) верхнем и правом (П) нижнем октантах, дают положит. вклад в эффект Коттона, а атомы или группы атомов, расположенные в дальних правом верхнем и левом нижнем октантах, дают отрицат. вклад в эффект Коттона. Заместители, попадающие в одну из плоскостей (А, В, С), не дают вклада [аксиальный (а) и экваториальный (э) заместители у атома С-4 находятся в плоскости А; экваториальные заместители у атома С-2 находятся практически в плоскости В]. Знаки ближних октантов противоположны знакам дальних октантов.

Обычно используют не трехмерное изображение, а его проекцию на плоскость xu (рис. 3, б), т. к. для большинства соед. все заместители и фрагменты циклич. системы располагаются в дальних октантах за плоскостью С. Атомы фтора и дейтерия дают вклады противоположного знака по сравнению со всеми др. заместителями. Напр., (+)-3-метилциклогексанон (ф-ла II) может существовать в виде двух взаимопревращаемых конформеров (IIIа и IIIб). Для соед. IIIа правило

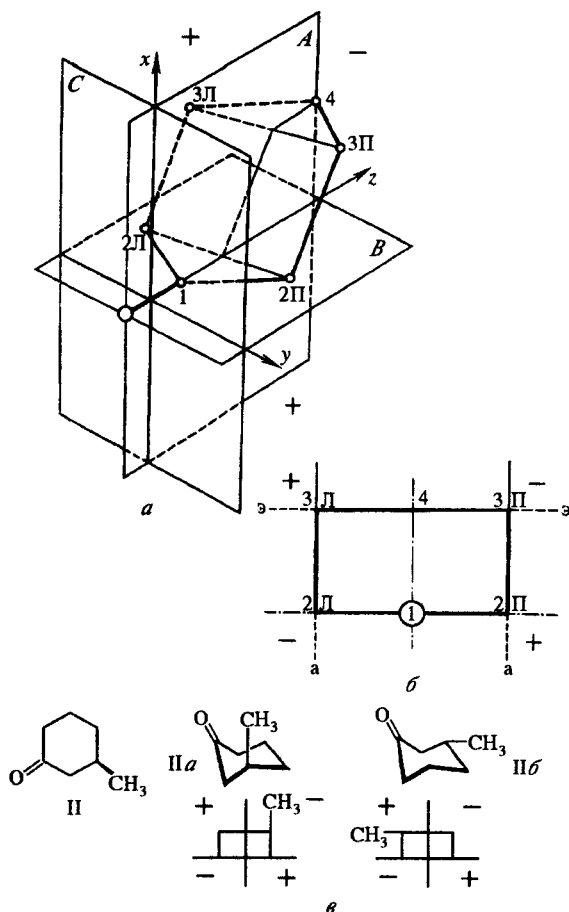


Рис. 3. Схема применения правила октантов: а – циклогексанон в конформации кресла, маленькие крути – атомы С, большой – атом О; б – проекция ф-лы циклогексанона на плоскость xu ; в – (+)-3-метилциклогексанон ф-лы II.

октантов предсказывает отрицат. эффект Коттона, а для IIIб – положит. эффект Коттона (рис. 3, в). Экспериментально наблюдаемый положит. эффект Коттона для соед. II свидетельствует о существовании в-ва II в виде конформера с экваториальной группой CH_3 (IIIб), что находится в соответствии с требованием конформационного анализа.

Хорошее соответствие между наблюдаемыми знаками эффекта Коттона и предсказываемыми на основании правила октантов видно на примере (+)-8-метилпергидро-5-инданона, имеющего транс-соединение колец, к-рый может существовать в виде изомеров IIIа и IIIб (рис. 4). В соответствии с октантными диаграммами только первый дает положит. эффект Коттона, соответствующий наблюдаемому экспериментально.

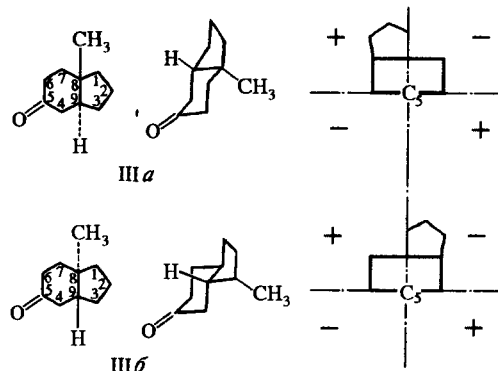


Рис. 4. Возможные конформации (+)-транс-8-метилпергидро-5-инданона и соответствующие октантные диаграммы.

Если известна конфигурация хиральных центров, то на основании правила октантов можно сделать вывод о конформации молекулы. Так, (2R, 5R)-2-хлор-5-метилциклогексанон (ф-ла IV) проявляет положит. эффект Коттона в октантных и отрицат. в изоктанте (рис. 5, а). Из рассмотрения октантных

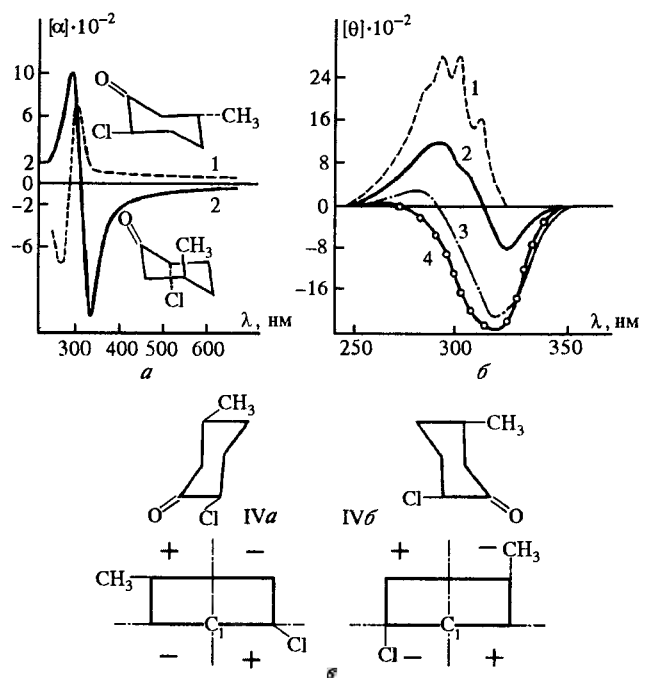


Рис. 5. Применение правила октантов для случая конформационного равновесия (+)-транс-2-хлор-5-метилциклогексанона: а – ДОВ в метаноле (кривая 1) и изоктанте (2); б – КД в смеси диэтиловый эфир – изопентан – этанол при -192°C (1) и 25°C (2), в CCl_4 (3) и изоктанте (4); в – октантные диаграммы для конформеров IVа и IVб.

диаграмм видно, что отрицат. эффект Коттона характерен для диаксиальной конформации (IV б), а положительный — для диэкваториальной (IV а), т. е. в изоктане имеется диаксиальный конформер, вклад к-рого настолько больше вклада диэкваториального конформера, что именно он определяет наблюдаемый знак эффекта Коттона.

Соотношение двух конформеров IVа и IVб было рассчитано на основании данных КД в широком интервале т-р (рис. 5, б). Оказалось, что в р-ре метанола присутствует 97% диэкваториального конформера, а в р-ре изоктана ~ 88%. Несмотря на то, что полосы поглощения двух конформеров отстоят друг от друга на 20 нм, в УФ спектре имеется только одна широкая полоса поглощения вследствие перекрывания в области 290 нм, в то же время на кривой КД отчетливо видны две полосы.

Изменение знака эффекта Коттона под влиянием р-рителя не всегда связано с конформационными изменениями; оно м. б. также связано с эффектами сольватации. Напр., жесткая молекула изофенхона обнаруживает значит. изменение спектров КД при переходе от этанола к изоктану. Правило октантов позволяет не только предсказывать знак эффекта Коттона, но и приблизительно оценить его величину на основании многочисленных данных ДОВ и КД для кетонов разл. строения (моно-, би- и полициклических).

Правило октантов применяют не только к шестичленным циклич. кетонам, но также и к циклопентанонам, циклобутанонам и циклогептанонам, в ряде случаев его использовали для анализа КД ациклич. хиральных кетонов, напр. для алкил(этор-бутил)кетонов.

Вклады атомов или групп атомов в наблюдаемый эффект Коттона приблизительно пропорциональны их атомным рефракциям (см. *Рефракция молярная*). Для связи С—Н этот параметр мал, поэтому им пренебрегают при интерпретации спектров ДОВ и КД. Атомная рефракция фтора меньше, чем водорода, благодаря чему вклады связей С—F должны характеризоваться противоположным знаком, что и наблюдалось экспериментально. Положит. вклады в эффект Коттона дают Cl, Br, группа CH_3 , отрицательные — фтор. Аналогичные правила предложены для др. хромофоров (олефинов, лактонов, тиоцианатов, нитрозосоединений, ароматич. соед.), что позволяет коррелировать данные ДОВ и КД с конфигурацией и конформацией этих соединений. Указанные правила связаны с эффектом Коттона изолированных хромофоров. Однако если в молекуле имеется более одного хромофора, то между ними возможно взаимодействие. Это приводит к появлению в спектрах ДОВ или КД в области полосы поглощения изолированного хромофора двух полос (куплет КД) примерно одинаковых по интенсивности, но противоположных по знаку (так называемое экситонное расщепление).

Корреляция знака эффекта Коттона с хиральностью хромофора обычно получают эмпирически в виде соответствующих правил. Напр., установлено такое правило для β,γ -ненасыщенных кетонов: положит. длинноволновому максимуму в куплете КД соответствует конформация, скрученная по правой спирали, а отрицательному — по левой. Это правило носит назв. правила экситонной хиральности. Его широко применяют для определения абс. конфигурации (напр., бензоатное правило для диолов), конфигурации и конформации природных соединений. Особенно часто эффект экситонного расщепления встречается в спектрах белков и нуклеиновых к-т. Методы ДОВ и КД позволяют определять содержание вторичных структур в белках и полипептидах.

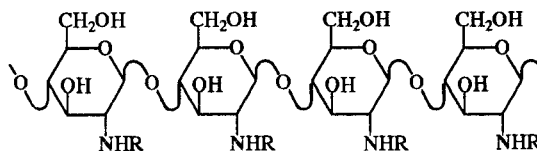
Х. м. применяют как для анализа оптически активных соед. (напр., сложных стероидных структур — промежуток, продуктов в синтезе важных гормональных препаратов, для к-рых стереохим. аспект имеет решающее значение), так и оптически неактивных. В последнем случае используют соответствующие хиральные реагенты, позволяющие превратить оптически неактивные анализируемые соед. в оптически активные, для к-рых эффект Коттона проявляется в доступной для измерения области.

Для нек-рых соединений электронные переходы лежат в области, не всегда доступной для измерений (спирты, углеводороды), что существенно ограничивает возможности изучения КД этих в-в. Однако источником стереохим. информации о хиральных молекулах м. б. не только электронные переходы, но и переходы между колебат. уровнями энергии молекул. Оптич. активность может проявляться в колебательных спектрах (ИК и комбинационного рассеяния) в большем числе переходов — соотв. числу колебаний в молекуле, в к-рых участвуют все ее части. Получаемая информация позволяет идентифицировать абс. конфигурацию молекулы по знаку колебательного КД, выделить наличие определенных конформеров. Установлены нек-рые закономерности, напр., исследование L-аминокислот позволило установить правило: знак полосы колебат. КД для C^*-H всегда положителен (C^* — асимметрич. атом).

Помимо естеств. оптич. активности можно измерять магн. оптич. активность (МДОВ) и магн. КД (МКД). Методы МДОВ и МКД не требуют наличия хирального центра или к.-л. др. элемента хиральности. Они основаны на том, что магн. поле, силовые линии к-рого ориентированы вдоль направления луча линейно поляризованного света, индуцирует оптич. активность у любых орг. соед. (т. наз. *Фарадея эффект*). Знаки индуцированных эффектов Коттона зависят от направления света относительно магн. поля. Величина магнитооптич. вращения определяется из ур-ния Верде: $\beta = V(\lambda, t) \cdot iH$, где H — напряженность магн. поля; i — длина пути луча, проходящего параллельно магн. силовым линиям через слой в-ва; V — константа Верде, характеризующая в-во и зависящая от длины волны и т-ры t . Методы МДОВ и МКД используют как для анализа орг. соед., так и для изучения электронных переходов, напр. в мол. комплексах с переносом заряда.

Лит.: Джерасси К., Дисперсия оптического вращения, пер. с англ., М., 1962; Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии, под ред. Г. Снатке, пер. с англ., М., 1970; Ногради М., Стереохимия, пер. с англ., М., 1984; Потапов В. М., Стереохимия, 2 изд., М., 1988; Вилков Л. В., Пентия Ю. А., Физические методы исследования в химии, М., 1989. В. М. Демьянович.

ХИТИН, высокомолекулярный линейный полисахарид, построенный из остатков N-ацетил- β -D-глюкозамина с 1→4-связями между ними (см. ф-лу). Деацетилированные (частично или полностью) полимеры, встречающиеся в природе или получаемые хим. обработкой Х., носят назв. хитозанов.



R = Ac Хитин
R = H Хитозан

Х. широко распространен в природе, являясь опорным компонентом клеточной стенки большинства грибов и нек-рых водорослей, наружной оболочки членистоногих и червей, нек-рых органов моллюсков.

Аналогия в хим. строении Х. и целлюлозы приводит к близости их физ.-хим. св-в, что позволяет им выполнять сходные ф-ции в живых системах. Как и молекулы целлюлозы, молекулы Х. обладают большой жесткостью и выраженной склонностью к межмолекулярной ассоциации с образованием высокоупорядоченных надмолекулярных структур. Известно неск. типов таких кристаллич. образований (α -, β -, γ -хитины), к-рые различаются степенью упорядоченности и взаимной ориентацией отдельных полимерных цепей. Х. не раств. в воде, и его удается растворить только в присут. агентов, эффективно разрывающих водородные связи (насыщенный водный р-р LiSCN, 5–10%-ный р-р LiCl в ДМСО или N,N-диметилацетамиде).

Биосинтез хитина происходит в особых клеточных органеллах (хитосомах) с участием фермента хитинсинтазы путем последоват. переноса остатков N-ацетил-

D-глюкозамина из уридиндифосфат-N-ацетил-D-глюкозамина на растущую полимерную цепь. Хитозан, наличие к-рого особенно характерно для клеточных стенок нек-рых грибов, образуется путем ферментативного N-деацетилирования X.

В природе X. находится в комплексе с др. полисахаридами и минер. в-вами и ковалентно связан с белком. Для выделения X. пользуются его нерастворимостью и большой хим. стойкостью, переводя в р-р сопутствующие компоненты сырья. Так, панцири крабов или омаров, содержащие до 25% X., деминерализуют соляной к-той, белки раств. в горячей щелочи, отбеливание X. проводят H_2O_2 . Более мягкие условия выделения заключаются в деминерализации комплексонами и обработке окислителями при нейтральных pH. Получаемый таким способом X. имеет мол. массу порядка неск. миллионов.

X. медленно раств. в конц. HCl и H_2SO_4 с деструкцией полимерных цепей. Для препаративного получения хитоолигосахаридов разработаны условия частичного кислотного гидролиза, сольволиза жидким HF и ферментативного расщепления. При продолжит. нагревании с сильными минер. к-тами образуется D-глюкозамин. При нагр. с сильными щелочами происходит N-деацетилирование с образованием хитозана; практически получаемые образцы хитозанов обычно имеют мол. массу порядка $(1-5) \cdot 10^5$ и могут различаться остаточным содержанием ацетильных групп.

X. является вторым после целлюлозы по распространенности природным биополимером. Его ежегодное образование составляет неск. десятков миллиардов тонн. Наиб. доступными источниками X. служат отходы промысла морских беспозвоночных и мицелий низших грибов. Практич. использование немодифицированного X. сдерживается его плохой р-рностью. Хотя волокна и пленки из X. обладают ценными св-вами, до сих пор отсутствует экономичный и удобный с техн. точки зрения метод их получения. Более перспективен хитозан, к-рый раств. в к-тах с образованием солей, дающих высоковязкие р-ры. Хитозан дает прочные соед. с белками, анионными полисахаридами, образует хелатные комплексы с металлами и т.д., на чем основано его применение для удаления белка из сточных вод в произ-ве пищ. продуктов (мясная, рыбная, молочная пром-сть, сыроделие), создания хелатирующих ионообменников, иммобилизации живых клеток в биотехнологии, при изготовлении мед. препаратов, отделке бумаги и текстильных волокон. Нек-рые N-ацилпроизводные хитозана — хорошие гелеобразователи; при ацилировании хитозана производными дикарбоновых к-т получают поперечносшитые гели, удобные для иммобилизации ферментов. Алкилирование аминогрупп хитозана можно проводить действием альдегидов или кетонов с последующим восстановлением оснований Шиффа. Получаемый по этой схеме из хитозана и глиоксиловой кислоты N-карбоксиметилхитозан обладает высоким сродством к переходным металлам за счет хелатирования.

X., подобно многим растит. полисахаридам, активирует макрофаги и способствует увеличению продукции антител В-клетками. X. и хитозан стимулируют животные клетки, участвующие в иммунологич. защите против раковых клеток и патогенов. Хитозан обладает выраженной гипохолестеринемич. и гиполипидемич. активностью. X. и хитозан ускоряют заживление ран, разл. сульфатированные производные хитозана, особенно сульфат N-карбоксиметилхитозана, обладают св-вами антикоагулянтов крови.

Лит.: Muzzarelli R. A. A., Chitin, Oxf. — N.Y., 1977.

А. И. Усов.

ХЛАДАГЕНТЫ, см. Холодильные процессы.

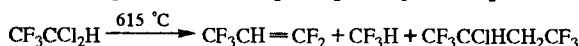
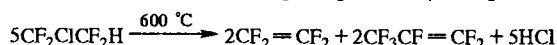
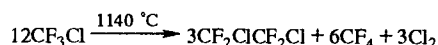
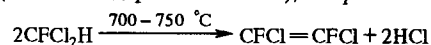
ХЛАДОНЫ (фреоны), насыщ. фторуглероды или полифторуглероды (часто содержат также атомы Cl, реже — Br).

Торговые названия X. состоят из фирменного названия (в России — хладон, в США — фреон, по международному стандарту — буква R) и цифрового обозначения, в к-ром первая цифра — число атомов C минус единица (для соед. метанового ряда эта цифра опускается), вторая — число атомов H плюс единица, третья — число атомов F (если число атомов F

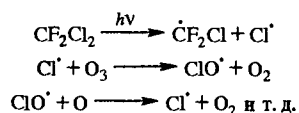
больше 9, то ставится дефис и далее цифра, указывающая на число атомов F в молекуле), напр. дифторхлорметан CHF_2Cl наз. хладоном 22, декафторбутан C_4F_{10} — хладоном 31-10. Для X., содержащих атомы Br, ставится буква B и цифра, показывающая число атомов Br, напр. дифторхлорбромметан CF_2ClBr наз. хладоном 12B1. Для циклич. X. перед цифровым обозначением ставится буква C, напр. перфторциклобутан наз. хладоном C318. При наличии изомеров цифровое обозначение соответствует наиб. симметричному соед. (наименьшая разность масс левой и правой частей молекулы), а у последующих, все более несимметричных, добавляются буквы a, b, c и т.д., напр. 1,1,1-трифторэтан наз. хладоном 143a. При наличии двойной связи в молекуле X. в качестве четвертой цифры используют единицу.

X. — газообразные или жидкие в-ва (табл.), раств. в орг. р-рителях, плохо или практически не раств. в воде; нек-рые X. образуют кристаллогидраты.

X. — относительно инертны, их хим. превращения требуют высоких т-р. Пиролиз ряда X. при 600–1150 °C приводит к фторолефинам, фторпарафинам, галогенам или галогеноводородам (если X. содержит атомы H), напр.:

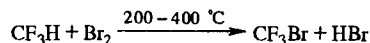
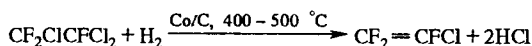
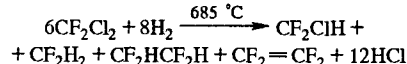
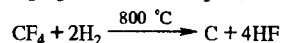


При УФ облучении в присут. O_2 X. разрушаются с образованием радикалов, к-рые диспропорционируют до фторкарбонильных соед., фторолефинов, галогенов и др. Хлорсодержащие X. при УФ облучении выделяют атомарный хлор, к-рый взаимодей. с молекулами озона:

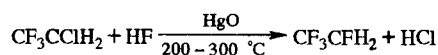
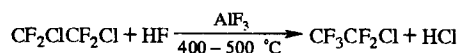
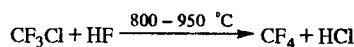


В стратосфере это приводит к снижению концентрации озона (т. наз. озоновые дыры).

При взаимодей. с H_2 X. дегидрогалогенируются или образуют продукты замещения галогенов на H; водородсодержащие X. взаимодей. с Br_2 и Cl_2 при высоких т-рах, напр.:



При взаимодей. X. с F_2 образуется, как правило, смесь продуктов фторирования. X., содержащие Cl или Br, замещают их на F при р-ции с HF в присут. катализаторов, напр.:



Бромсодержащие X. склонны к термич. распаду, могут ингибировать цепные радикальные процессы (окисление и др.).

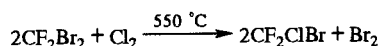
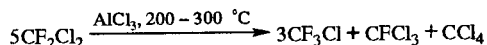
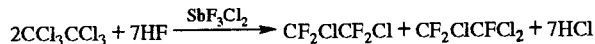
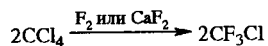
Осн. пром. методы получения X. — жидко- или газофазное фторирование хлор- или бромпарафинов фтором, фторидами металлов или безводным HF в присут. галогенидов Sb; дис-

СВОЙСТВА ХЛАДОНОВ

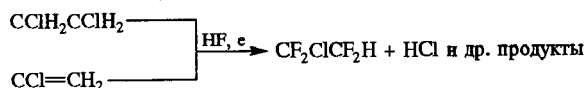
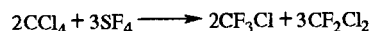
Соединение	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. кип., °C	d_4^t (°C)	n_D^t (°C)	$t_{крт.}$ °C	$d_{крт.}$ кг/м ³	$p_{крт.}$ МПа	$\Delta H_{исп}$ при т. кип., кДж/моль	C_p , кДж/(кг·К)	Давление пара, МПа (20 °C)
Хладон 11 $CFCl_3$	137,37	-110,45	23,65	1,476 (25)	1,3824 (20)	198,0	570,2	4,370	24,97	0,872	0,0889
Хладон 12 CF_2Cl_2	120,91	-155,95	-29,74	1,442 (-15)	1,2950 (20)	112,0	579,1	4,119	20,01	0,972	0,5665
Хладон 12В1 CF_2ClBr	165,36	-159,5	-4,0	1,880 (21)	—	153,7	741,0	4,252	22,26	—	0,2345
Хладон 12В2 CF_2Br_2	209,82	-141,1	24,2	2,288 (15)	1,399 (12)	198,85	866,4	4,335	24,86	1,034	0,0850
Хладон 13 CF_3Cl	104,46	-181,0	-81,5	1,298 (-30)	1,1990 (-73,3)	28,8	582,4	3,878	15,43	0,851	3,186
Хладон 13В1 CF_3Br	148,91	-174,7	-57,8	1,538 (25)	1,238 (25)	66,9	770,0	3,946	17,62	0,872	1,430
Хладон 14 CF_4	88,00	-183,6	-128,0	1,638 (-133)	1,151 (-73,3)	-45,65	625,0	3,745	11,76	1,231	—
Хладон 21 $CHFCl_2$	102,92	-127,0	8,7	1,4256 (25)	1,3602 (25)	178,5	528,0	5,190	24,61	1,073	0,1531
Хладон 22 CHF_2Cl	86,47	-157,4	-40,85	1,4909 (-69)	1,2670 (20)	96,13	512,8	4,986	20,19	1,110	0,9097
Хладон 23 CHF_3	70,01	-155,15	-82,2	—	1,215 (-73,3)	25,85	525,0	4,82	16,75	—	4,193
Хладон 112 $CF_2Cl_2CFCl_2$	203,83	26,0	92,8	1,634 (30)	1,4115 (26)	285,5	550,0	3,51	30,88	—	0,0236*
Хладон 112а CF_2ClCCl_3	203,83	40,5	92	1,649 (20)	—	278,0	573,0	3,34	30,57	—	0,0240*
Хладон 113 $CF_2ClCFCl_2$	187,38	-36,6	47,5	1,582 (20)	1,3588 (20)	214,3	574,5	3,406	26,81	0,947	0,0364
Хладон 114 CF_2ClCF_2Cl	170,92	-94	3,55	1,470 (20)	1,2865 (25)	145,7	580,0	3,27	22,91	0,927	0,1834
Хладон 114В2 CF_2BrCF_2Br	259,82	-110,5	47,5	2,18 (20)	1,3708 (20)	214,15	790	3,358	26,66	—	0,0370
Хладон 115 CF_3CF_2Cl	154,47	-106	-38,97	1,6914 (-76)	1,2678 (-42,2)	80,0	592,3	3,123	19,41	—	0,7909
Хладон 123 CF_3CHCl_2	-152,93	-107	27,1	1,475 (-15)	1,3332 (15)	182,0	533	3,56	25,59	—	0,0778
Хладон 124а CF_2ClCHF_2	136,48	-117	-12,0	—	—	126,7	521	3,47	21,59	—	0,3154
Хладон 134 CF_2HCHF_2	102,03	—	-22,5	—	—	110,25	477	3,77	—	—	0,4737
Хладон 142в CF_2ClCH_3	100,49	-130,8	-9,2	1,120 (25)	—	136,45	459,0	4,138	22,57	—	0,2904
Хладон 143а CF_3CH_3	84,04	-111,3	-47,6	0,924 (30)	—	73,1	445	4,11	19,88	—	1,187
Хладон 152а CHF_2CH_3	66,05	-117	-24,55	1,004 (-25)	1,3011 (-72)	113,5	365,0	4,491	21,88	—	0,5267
Хладон 218 $CF_3CF_2CF_3$	188,02	-148,3	-36,8	1,350 (20)	—	71,9	628	2,677	20,26	—	0,7631
Хладон С318 $CF_2(CF_2)_2CF_2$	200,03	-41,4	6,0	1,5341 (20)	1,217 (25)	115,22	616	2,778	22,31	—	0,2655

*При 50 °C

пропорционирование полифторхлоралканов при 150–250 °C в присут. Al_2O_3 или $AlCl_3$; хлорирование либо бромирование фторуглеводородов при 500–600 °C:



Х. могут быть получены также фторированием алканов или алкилгалогенидов SF_4 либо электрохим. фторированием алкилгалогенидов или алкилгалогенидов, напр.:



Х. – рабочие тела в пром. и бытовых холодильных агрегатах и кондиционерах; пропелленты для аэрозоль; порообразователи при произ-ве пенопластов и пенополиуретанов; инерт-

ные р-рители; реагенты для сухого травления при изготовлении интегральных схем; чистящие средства. Нек-рые Х. применяют для синтеза фторомономеров и др. орг. продуктов. Бромсодержащие Х. используют в огнетушащих составах в качестве ингибиторов пламени и флегматизаторов горения углеводородов.

В связи с влиянием на стратосферный озон (Х. обнаружены на высоте 15–30 км от пов-сти Земли) пром. применение Х. уменьшается. В 1985 была подписана Венская конвенция по защите озонового слоя, а в 1987 в Монреале принят Протокол, подписанный всеми основными странами, производящими Х., в к-ром определен перечень озоноразрушающих Х. и намечены сроки обязат. сокращения объемов их произ-ва. Это хладоны 11, 12, 113, 114, 115, 12В1, 13В1, 114В2. Согласно дополнению, внесенному в монреальский Протокол в июне 1990, предписывается снизить произ-во указанных Х. к 1995 на 50%, к 1997 на 85% и к 2000 прекратить совсем. Ввиду этого ведутся разработки новых, экологически безопасных Х. (типа 123, 134 и др.), обладающих необходимыми эксплуат. св-вами и легко разрушающихся в атмосфере с образованием малоактивных в-в.

Большинство Х. – малотоксичны (нек-рые раздражают слизистые оболочки глаз и верхних дыхат. путей). Вдыхание воздуха с большими концентрациями Х. может привести к

отеку легких. ПДК 1000–3000 мг/м³. Особенно опасно воздействие продуктов разложения нек-рых Х. на горячих пов-стях или в пламени (могут содержать фосген, HCl, HF, SOF₂ и др.). Для большинства Х. т. самовоспл. выше 600 °C. Мировое произ-во Х. ок. 900 тыс. т в год (1988).

Лит.: Исигава Н., Кобаяси Ё., Фтор. химия и применение, пер. с япон., М., 1982; Новое в технологии соединений фтора, под ред. Н. Исигава, пер. с япон., М., 1984; Промышленные фторорганические продукты. Справочник, Л., 1990.

ХЛОПИНА ЗАКОН, см. Соосаждение.

ХЛОПКОВОЕ МАСЛО, жидкость от желтого до красно-бурого цвета; т. заст. от –5 до –6 °C; d_{20}^{20} 0,918–0,932, n_D^{20} 1,4634–1,476, η 59,2–73,4 мПа·с; иодное число 101–116, число омыления 188–199, родановое число 62–67, ацетильное число 12–15, число Генера 95–97, число Поленске 0,2–0,7. Раств. в орг. р-рителях (кроме метанола и этанола), не раств. в воде. Относится к полувискозным растительным маслам.

Представляет собой смесь глицеридов к-т состава: ненасыщенные к-ты – до 44% линолевой, 34–44% линоленовой, 23–35% олеиновой; насыщенные к-ты – 20–22% пальмитиновой, 1–2% стеариновой, 0,3–0,5% миристиновой, 0,1–0,6% арахидиновой. Содержит также до 3% омыляемых и неомыляемых в-в – фосфолипиды, воски и воскообразные в-ва, стерин, токоферолы (81 мг на 100 г масла), белки, углеводы, пигменты, в частности токсичный пигмент госсипол (0,14–2,5%).

Выделяют Х.м. из семян хлопчатника разл. видов, пл. обр. *Gossypium hirsutum*, содержащих до 25% масла, прессованием или экстракцией орг. р-рителями при 50–60 °C с послед. рафинированием, дезодорацией, отбелкой с помощью антрапиловой к-ты. Состав Х.м. существенно зависит от сорта хлопчатника, места произрастания, способа извлечения масла и его очистки.

Нерафинированное Х.м. – сырье в произ-ве жирных к-т (см. Соапсток), глицерина, мыла, компонент смазочных материалов, добавка к высохлающим маслам при получении алкидных смол и олиф; рафинированное Х.м. – пищевой продукт, сырье в произ-ве маргарина, майонеза, косметич. ср-в, туалетного и хоз. мыла; кулинарный и хлебопекарный жир. Выделенный из Х.м. пищевой пальмитин – заменитель животного жира при произ-ве туалетного мыла.

См. также Жиры.

В. Х. Паронян.

ХЛОР (от греч. *chlōrōs* – желто-зеленый; лат. *Chlorum*) Cl, хим. элемент VII гр. периодич. системы, относится к галогенам; ат. н. 17, ат. м. 35,453. Прир. Х. состоит из смеси двух изотопов ³⁵Cl (75,77%) и ³⁷Cl (24,23%); ядра обоих изотопов имеют электрич. квадрупольный момент. Конфигурация внеш. электронн. оболочки атома 3s²3p⁵; степени окисления –1 (хлориды), +1 (гипохлориты), +3 (хлориты), +5 (хлораты) и +7 (перхлораты); сродство к электрону 3,614 эВ; потенциал ионизации при последоват. переходе от Cl⁰ к Cl⁷⁺ 12,96776, 23,805, 39,90, 53,50, 67,80, 96,7 и 114,27 эВ; электроотрицательность по Полингу 3,16; ковалентный радиус Cl⁰ 0,099 нм; ионные радиусы (в скобках указаны координац. числа) Cl[–] 0,167 нм (6), Cl³⁺ 0,026 нм (3), Cl⁷⁺ 0,022 нм (4), 0,041 нм (6).

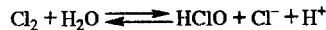
Молекула Х. двухатомна, длина связи (в газе) $r = 0,1987$ нм. Имеет два связанных состояния $X^1\Sigma_g^+$ и $A^3\Pi_u^+$, последнее – возбужденное с энергией 2,2109 эВ и $r = 0,2435$ нм. Эти состояния коррелируют с валентными состояниями атома хлора $^2P_{3/2}$ и $^2P_{1/2}$. Сродство Cl₂ к электрону 2,45 эВ, потенциал ионизации 11,48 эВ. Энергия диссоциации Cl₂ 239,240 кДж/моль, равновесная термич. диссоциации Cl₂ на атомы определяются константой $K^0(T) = p^2(Cl)/p(Cl_2)$, где p – давление; $\lg K^0 = -6,8257$ (1000 К), 0,2660 (2000 К), 1,9617 (3000 К).

Среднее содержание Х. в земной коре $1,7 \cdot 10^{-2}\%$ по массе. Очень велики запасы Х. в мировом океане (среднее содержание 18,83 г/л); в виде NaCl (50–240 г/л) находится в подземных рассолах. В земной коре Х. встречается в осн. в виде каменной соли (галита) NaCl, карналита KCl·MgCl₂·6H₂O, сильвина KCl, сильвинита NaCl·KCl, каи-

нита KCl·MgSO₄·3H₂O, бишофита MgCl₂·6H₂O, тахидрита 2MgCl₂·CaCl₂·12H₂O; другие менее распространенные минералы – кераргирит AgCl, бисмоцелит BiOCl, псевдокотуннит K₂PbCl₄, баумлерит 2KCl·CaCl₂. Содержание Х. в силикатных (каменных) метеоритах 0,09%, в железных – 0,36% (в осн. в виде FeCl₃), в вулканич. газах – до 1,3% (в виде Cl₂, HCl, NaCl и др.). Содержание Х. в человеческом теле 0,25% (0,45% от сухой массы); в плазме крови 0,32–0,37%, в растениях зависит от вида и от состава почвы, напр., табак содержит 2,3% Х., морковь – 1,5%, зерно – 0,05%, картофель – 0,03%.

Свойства. Х. – желто-зеленый газ с резким удушающим запахом; т. пл. –100,98 °C, т. кип. –33,97 °C; тройная точка: $t_{\text{тр}} 172,17$ К, давление 1,392 кПа, $dp/dT = 0,128$ кПа/К; $t_{\text{криг}} 143,75$ °C, $p_{\text{криг}} 7977,3$ кПа, $d_{\text{криг}} 0,573$ г/см³; ур-ние температурной зависимости плотн. в интервале от –90 до 80 °C $d = 1,6583346 - 0,002003753/(t + 80) + 0,0545596743 \cdot (t + 80)^2$ г/см³, при 25 °C плотн. 3,214 г/см³, плотн. твердого при –195 °C 2,13 г/см³; для Cl₂: C_p^0 33,949 Дж/(моль·К), $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 6,757 кДж/моль, $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 22,43 кДж/моль, S_{298}^0 222,965 Дж/(моль·К); для атома Cl (газ): C_p^0 21,838 Дж/(моль·К), $\Delta H_{\text{обр}}^0$ 121,302 кДж/моль, S_{298}^0 165,076 Дж/(моль·К); для иона Cl[–] (газ): C_p^0 20,786 Дж/(моль·К), S_{298}^0 153,346 Дж/(моль·К), $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –233,670 кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ Cl[–] (в воде) –167,080 кДж/моль; ур-ние температурной зависимости давления пара $\ln p = A + B/T + C \ln T + DT + E(F - T)/FT$ (205–417 К), где $A = 62,402508$, $B = -4343,5240$, $C = -7,8661534$, $D = 1,0666308 \cdot 10^{-2}$, $E = 95,248723$, $F = 424,90$; при 20 °C давление пара Cl₂ 0,669 МПа; η $4,88 \cdot 10^{-4}$ Па·с; ур-ние температурной зависимости $\eta = [0,00585(1 + 0,05878t - 0,05392t^2)] \times 10^{-5}$ Па·с (от –34 до –77 °C); $\gamma \cdot 10^{-5}$ Н/см 31,61 (–61,3 °C), 28,38 (–44,5 °C), 25,23 (–28,7 °C), ур-ние температурной зависимости $\gamma = [21,70(1 - 0,007742t)] \cdot 10^{-5}$ Н/см; ϵ 1,00152 (25 °C), 2,147 (–65,15 °C), 2,088 (–45,25 °C), 2,051 (–22,0 °C), 1,968 (0 °C), 1,54 (142 °C). Электродный потенциал Cl₂ (газ, 0,1 МПа)/Cl[–] (в воде коэф. активности ~ 1) 1,3583 В; изотермич. коэф. сжимаемости жидкого Х. в интервале 0–10 МПа 0,0118%/МПа, адиабатич. коэф. сжимаемости газообразного Х. $5,73 \cdot 10^{-5}$ /мм рт.ст.; температурный коэф. объемного расширения $21,9 \cdot 10^{-4}$ К^{–1} (298К); теплопроводность 0,079 Вт/(м·К) при 273 К. Кристаллизуется при –160 °C в ромбич. решетке, $a = 0,624$ нм, $b = 0,448$ нм, $c = 0,826$ нм, $z = 4$, пространств. группа *Smca*, $r = 0,1980$ нм.

Х. хорошо раств. в неполярных жидкостях, хуже – в воде. Р-римость, % по массе: в CCl₄ – 16,4 (0 °C), 8,46 (25 °C), бензоле – 24,7 (10 °C), 18,5 (20 °C), 14,7 (30 °C), воде – 1,44 (0 °C), 1,07 (6 °C), 0,828 (15 °C), 0,711 (20 °C), 0,626 (25 °C), 0,449 (40 °C), 0,323 (60 °C). В конц. р-рах NaCl р-римость Cl₂ в неск. раз ниже, чем в воде. В водном р-ре Х. устанавливается равновесие:



Из водного р-ра кристаллизуется клатрат Cl₂·6H₂O, давление его диссоциации 0,1 МПа при 9,6 °C. С ионом Cl[–] молекулы Cl₂ образуют в водном р-ре ионы Cl₃[–] по р-ции: Cl₂ + Cl[–] \rightleftharpoons Cl₃[–], $K = 0,19$. Жидкий Х. сам может служить р-рителем, напр. р-римость в Cl₂, % по массе: BCl₃ 65,5 (–136,4 °C), SiCl₄ 28,8 (0 °C), TiCl₄ 74,9 (20 °C).

Х. – один из наиб. химически активных элементов, он непосредственно взаимодей. со всеми металлами и большинством неметаллов (образуя хлориды), лишь р-ция Х. с O₂, N₂ и Хе требует спец. методов активации – УФ облучения или электролиза, в остальных случаях достаточно простого нагревания. Хлорирование наиб. пассивных к Х. металлов начинается при след. т-рах, °C: Ni 680, Mg 600, Pt 560, W 540, Cr 520, Mo 420, Ta 380, Ag 260, Ti 250, Cu и Al 240, Fe 215. Сера и фтор реагируют с Х. при комнатной т-ре, Si – при 200 °C, углерод в виде графита устойчив к Х. до 700 °C. Реакционная способность оксидов металлов по отношению к Х. (образуются хлориды) значительно ниже, чем у соответствующих металлов, и убывает в ряду: Na₂O, Ag₂O, CaO, PbO, CdO, MnO, NiO, ZnO, FeO, MgO, Fe₂O₃, ZnO, TiO₂, Al₂O₃.

SiO₂. В присут. углерода т-ра хлорирования оксидов снижается.

Причина высокой химической активности Х. – в сравнительной легкости образования атомов Cl из молекул Cl₂, в высоком сродстве атома Х. к электрону (самое высокое среди атомов хим. элементов; выше, чем у фтора) и в высокой энергии связи Х. с большинством элементов. Стабильные соед. Х. – хлориды, гипохлориты, хлориты, хлораты, перхлораты. Действит. заряд на атоме Cl во всех соед. этих классов по абс. величине значительно ниже формального. Из-за высокого сродства атома Cl и хлорислородных радикалов к электрону Х. бывает анионом, входит в состав аниона (ClO⁻, ClO₂⁻, ClO₃⁻, ClO₄⁻) или является лигандом в комплексных анионах BCl₄⁻, TiCl₆²⁻ и т. п.

Сильно экзотермич. р-ция Х. с H₂ (Cl₂ + H₂ → 2HCl) приводит к образованию хлористого водорода (см. *Соляная кислота*), она может протекать взрывообразно, особенно на свету: КПВ для системы H₂ – Cl₂ 11,5 – 95% по объему Х. В присут. AlCl₃ р-ция гладко протекает в темноте при 130 °С.

Прямое взаимодей. Х. с N₂ возможно только в электроразряде, единств. известный бинарный хлорид азота NCl₃ чрезвычайно взрывчат, получают его хлорированием NH₃ или солей аммония (см. *Азот*). С кислородом Х. образует неск. хлора оксидов, наиб. важны Cl₂O, ClO₂, Cl₂O₃ и Cl₂O₇. Все оксиды Х. нестабильны и взрывоопасны. С фтором Х. образует 3 бинарных фторида: ClF, ClF₃ и ClF₅, все они м. б. получены прямой р-цией между элементами. Попытка выделить высш. фторид Х. не привела к успеху, однако известны его производные, напр. кристаллич. ClF₃·PtF₆. Прямой р-цией Cl₂ с др. галогенами м. б. получены ICl, ICl₃ и BrCl. См. также *Галогенфториды*, *Межгалогенные соединения*. О взаимодей. Х. с орг. в-вами см. *Галогенирование*.

Получение. Практически весь производимый в мире Х. получают электрохим. методом (2NaCl + 2H₂O $\xrightarrow{не}$ Cl₂ + 2NaOH + H₂) – электролизом водного р-ра NaCl или, гораздо реже, KCl. Другие продукты электролиза – щелочь (1,13 т NaOH на 1 т Cl₂) и H₂. На получение 1 т Х. расходуют в зависимости от способа произ-ва от 2300 до 3700 кВт·ч электроэнергии, что составляет примерно 50% издержек произ-ва (в ценах на электроэнергию 1975), причем эта доля имеет тенденцию к росту. На произ-во Х. в США затрачивают ~2% всей вырабатываемой электроэнергии и 28% энергии, потребляемой в электрохим. пром-сти.

Используют 3 метода электролиза р-ров хлоридов: 1) ртутный; катод – Hg, Х. выделяется на твердом аноде и электролитное пространство не разделены; 2) диафрагменный; оба электрода твердые, анодное и катодное пространство разделены фильтрующей диафрагмой; 3) мембранный; анодное и катодное пространство разделены катионообменной мембраной. Первые два метода существуют ок. 100 лет, третий применяют с 1975. При электролизе по второму методу непосредственно в электролизере образуется р-р NaOH и NaCl в молярном отношении 1:1. Упариванием этого «электролитич. щелока» получают товарный NaOH, содержащий 2–3,5% (в пересчете на NaOH) NaCl. Электролизом по первому способу получают амальгаму щелочного металла, при водном разложении к-рой образуются конц. р-ры чистых щелочей NaOH или KOH. Возможность получения чистых щелочей, отвечающих требованиям, предъявляемым к реактивам, была осн. преимуществом ртутного метода до появления мембранного. Мембранный метод позволяет получать чистые щелочи без использования Hg, экологически менее опасен, требует меньшего расхода энергии и меньших капитальных вложений, поэтому доля Х., полученного этим методом, непрерывно возрастает. Одноверно во всем мире падает доля ртутного метода. С 1986 Япония отказалась от ртутного метода.

До 60-х гг. в качестве материала для анодов в хлорном произ-ве использовался графит. Графитовые аноды подвергаются быстрому разрушению при электролизе, поэтому они заменены на металлические на основе Ti, Ti – Ru – Ir, Ti – Ir, Ti – Pt – Ir, покрытые активной массой из оксидов Ti и Ru. Оксиднорутениевые аноды обладают очень высокой кор-

розионной стойкостью (расход Ru ок. 0,1 г на 1 т Cl₂) и обеспечивают хороший выход Х. по току даже при высокой степени превращения NaCl в анодном пространстве.

Фильтрующие диафрагмы изготовлялись из асбестовой бумаги или волокна, ныне используют асбест с полимерными связующими, что предупреждает набухание диафрагмы, либо полимерные диафрагмы из пористой перфторир. пленки или волокна. Эти диафрагмы имеют срок службы более 500 сут.

Мембраны, непроницаемые для жидкости и газа, пропускающие лишь ионы Na⁺ и K⁺, имеют толщину 0,1–0,25 мм и размеры 2 × 2 м, материал мембран – сополимеры тетрафторэтилена с сульфонилированными или карбоксилированными перфторвиниловыми эфирами. Срок службы мембран ок. 2 лет. В лаб. условиях Х. получают действием р-ра HCl на пиролюзит MnO₂.

Определение. Методы обнаружения и определения Х. основаны на его окислит. св-вах. Для обнаружения Х. в воздухе используют цветные р-ции – иод-крахмальную, желтое окрашивание флуоресценна в щелочной среде. Для определения Х. применяют иодометрич. метод, спектрофотометрич. методы – с о-толидином, с диметил- и диэтил-п-фенилендиаминами, с метиловым оранжевым и др. Потенциометрич. методы определения Х. основаны на количеств. переводе его либо в Cl⁻, либо в ClO⁻ с послед. титрованием. В газовом потоке Х. может быть определен кулонометрически на газоанализаторе «Атмосфера-2». Атомно-абсорбционный, рентгеноспектральный и активационный метод используют в осн. для определения Х. в виде хлорида.

Применение. Х. расходуется на произ-во окислительно-отбеливающих в-в – *кальция гипохлорита*, *натрия гипохлорита*, LiClO, *хлорной извести*, а также хлоридов мн. элементов, разл. хлорорг. продуктов (поливинилхлорида, хлоропренового каучука, р-рителей, продуктов хлорирования углеводородов парафинового и ароматич. рядов), разл. хлорсодержащих пестицидов, нек-рых в-в, не содержащих хлор, – сульфанила, глицерина, этиленгликоля и т. п., для водоочистки. В мире на произ-во орг. продуктов расходуется от 50 до 85% производимого Х., на произ-во неорг. продуктов – 10–15%, в целлюлозно-бумажной пром-сти – 2–15%, на очистку воды и др. санитарные нужды – 2–10%.

Мировое произ-во Х. в 1991–92 составило 40–45 млн. т.

Х. весьма токсичен, во время 1-й мировой войны его использовали как боевое ОВ. Содержание Cl₂ в воздухе 0,006 мг/л оказывает раздражающее действие на дыхат. пути, 0,012 мг/л переносится с трудом, концентрация выше 0,1 мг/л опасна для жизни: дыхание становится частым, судорожным, паузы продолжительными, остановка дыхания наступает через 5–25 мин. Вдыхание Х. более высокой концентрации может привести к мгновенной смерти в результате рефлекторного торможения дыхат. центра. ПДК в воздухе рабочей зоны 1,0 мг/м³, в атмосфере населенных пунктов разовая 0,1 мг/м³, среднесуточная 0,03 мг/м³.

Хранят Х. в стальных баллонах зеленого цвета.

Х. открыл К. Шееле в 1774, элементарную природу Х. установили в 1807–13 Г. Дэви, Ж. Гей-Люссак и Л. Тенар.

Лит.: Пасманник М.И., Сасс-Тисовский Б.А., Якименко Л.М., Производство хлора и каустической соды. Справочник, М., 1966; Фурман А.А., Неорганические хлориды. (Химия и технология), М., 1980; Фрумина Н.С., Лисенко Н.Ф., Чернова М.А., Хлор, М., 1983.

В.Я. Росоловский.

ХЛОРА ОКСИДЫ. Все Х. о. имеют резкий запах, термически и фотохимически нестабильны, склонны к взрывному распаду, имеют положит. ΔH_{собр}.

Моноксид [оксид Cl(I), дихлороксид, гемиоксид] Cl₂O – желто-оранжевый газ со слабым зеленоватым оттенком, в жидком состоянии – красно-коричневый; длина связи Cl–O 0,1700 нм, угол OClO 111°, μ 2,60·10⁻³⁰ Кл·м (табл.); ур-ние температурной зависимости давления пара lg p (мм рт. ст.) = 7,87 – 1373/T (173–288 К); раств. в воде с образованием HClO, р-римость (г в 100 г H₂O при 0 °С): 33,6 (2,66 кПа), 52,4 (6,65 кПа). При 60–100 °С термич. распад Cl₂O завершается за 12–24 ч, выше 110 °С через неск. мин происходит взрыв, освещение ускоряет распад и повышает 554

вероятность взрыва. С хлоридами образует оксихлориды, напр., с TiCl_4 , TaCl_5 и AsCl_3 дает соотв. TiOCl_2 , TaOCl_3 и AsO_2Cl . С NO_2 образует смесь NO_2Cl и NO_3Cl , с N_2O_5 — чистый NO_3Cl . Фторированием Cl_2O с помощью AgF_2 можно получить ClOF_3 , а р-цией с AsF_5 или SbF_5 — соли хлорила ClO_2MF_6 . Аналогично реагируют с MF_5 (где $\text{M} = \text{As}$ и Sb) ClO_2 и Cl_2O_6 . С насыщ. орг. соединениями Cl_2O ведет себя как хлорирующий агент, подобный хлору. Получают Cl_2O пропусканием Cl_2 , разбавленного N_2 , над HgO или р-цией Cl_2 с влажным Na_2CO_3 .

СВОЙСТВА ОКСИДОВ ХЛОРА

Показатель	Cl_2O	ClO_2	Cl_2O_4	Cl_2O_6	Cl_2O_7
Т. пл., °C	-120,6	-59	-117	3	-93,4
Т. кип., °C	2,0	9,7	44,5	203*	87
Плотн., г/см ³	—	1,653 (5°C)	1,82 (0°C)	2,023 (3,5°C)	1,805** (25°C)
C_p^0 , Дж/(моль·К)	47,81	42,00	86,03	—	—
$\Delta H_{\text{обр}}^0$, кДж/моль	81	93	180	310	240
$\Delta H_{\text{исп}}^0$, кДж/моль	26	26,3	30	40	34
S_{298}^0 , Дж/(моль·К)	267,84	256,77	327,23	—	—

*Расчетная. **2,38 г/см³ при -160 °C.

Диоксид ClO_2 — желтый газ, в жидком состоянии — ярко-красный, в твердом — красновато-желтый; длина связи $\text{Cl}-\text{O}$ 0,1475 нм, угол OClO 117 °C; ур-ние температурной зависимости давления пара $\lg p$ (мм рт. ст.) = $7,7427 - 1275,1/T$ (226 — 312 К); р-римость в воде 26,1 г/л (25 °C, 20,68 кПа), раств. в CCl_4 , HClO_4 , CH_3COOH . В индивидуальном состоянии взрывоопасен, при 30–50 °C распад идет с измеримой скоростью, выше 50 °C после периода индукции взрывается. В щелочной среде ClO_2 диспропорционирует на ClO_2^- и ClO_3^- , в присут. H_2O_2 образуется ClO_2^- и выделяется O_2 . Восстанавливается иодидами, арсенидами, PbO , H_2SO_3 , аминами до хлорит-иона. С NO_2 и N_2O_5 образует NO_3Cl , с NOCl — NO_3Cl . Фторируется посредством AgF_2 , BrF_3 или разб. F_2 до ClO_2F . Получают ClO_2 действием восстановителей (SO_2 , NO_2 , метанол, орг. пероксиды) на подкисленный р-р хлората щелочного металла, при нагр. смеси хлората с влажной щавелевой к-той, действием Cl_2 на хлориты. В отличие от остальных Х. о. ClO_2 — продукт пром. произ-ва, его используют вместо Cl_2 как экологически более безопасный продукт для отбеливания древесной пульпы, целлюлозы, синтетич. волокон, для подготовки питьевой и технол. воды, обеззараживания сточных вод. Раздражает слизистые оболочки, вызывает кашель, рвоту и др.; ПДК в воздухе рабочей зоны 0,1 мг/м³, ЛД₅₀ 140 мг/кг (крысы, внутривенно).

Перхлорат хлора (дихлорогексаоксид) Cl_2O_6 , или ClOClO_3 — светло-желтая жидкость, в кристаллич. состоянии почти бесцветен (см. Перхлораты).

Триоксид (дихлорогексаоксид) Cl_2O_6 — ярко-красная жидкость, в твердом состоянии — оранжевый, при охлаждении окраска ослабевает. В газе и жидкости молекулы имеют строение $\text{O}_2\text{Cl}-\text{O}-\text{ClO}_3$, в кристаллах — ClO_2ClO_4 ; кристаллы моноклинной сингонии (пространств. группа C_2^4 , $z = 4$); давление пара 39,9 Па (0 °C), 133 Па (19 °C). Медленно разлагается уже при 0–10 °C на ClO_2 и O_2 , выше 20 °C в продуктах распада появляется Cl_2 ; с водой реагирует со вспышкой, продукты гидролиза — HClO_3 и HClO_4 . С хлоридами, бромидами, нитратами образует перхлораты, напр. с NOCl дает NOClO_4 , с N_2O_5 — NO_3ClO_4 , с AlCl_3 — $\text{ClO}_2[\text{Al}(\text{ClO}_4)_3]$, с FeCl_3 — $\text{ClO}_2[\text{Fe}_2(\text{ClO}_4)_7]$. При нагр. в вакууме такие комплексы отщепляют Cl_2O_6 и превращаются в несольватированные перхлораты $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$, $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$. Получают Cl_2O_6 р-цией озона с ClO_2 или действием F_2 на хлораты металлов. Применяют для синтеза безводных перхлоратов в лаб. условиях.

Оксид $\text{Cl}(\text{VII})$ (хлорный ангидрид, дихлорогептаоксид) Cl_2O_7 — бесцв. подвижная жидкость, чувствителен к удару и трению. Молекула имеет строение $\text{O}_2\text{Cl}-\text{O}-\text{ClO}_3$, длина связи $\text{Cl}-\text{O}$ 0,1709 нм, в группах ClO_3 — 0,1405 нм, угол

ClOCl 118,6°, OClO 115,2°, μ $2,40 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; кристаллы моноклинные (пространств. группа C_{2v}); ур-ние температурной зависимости давления пара $\lg p$ (мм рт. ст.) = $7,796 - 1770/T$. Неограниченно раств. в CCl_4 , хорошо раств. в HClO_4 , POCl_3 и т. п. С водой не смешивается, на границе раздела фаз реагирует с образованием HClO_4 , р-ция сильно экзотермична (ΔH_{298}^0 р-ции -211 кДж/моль); разогревание слоя Cl_2O_7 может привести к взрыву. Распад Cl_2O_7 в газе на хлор и кислород идет с измеримой скоростью при 100–120 °C, но при давлении Cl_2O_7 выше 13,3 кПа приобретает взрывной характер. Жидкий Cl_2O_7 устойчив до 60–70 °C, примесь низших Х. о. ускоряет его распад. Для жидкого Cl_2O_7 характерны р-ции с образованием ковалентных соед. с группой — ClO_3 . С NH_3 в CCl_4 образует $\text{NH}_4\text{HNCIO}_3$ и NH_4ClO_4 , с алкалинами — соотв. RHNClO_3 и R_2NClO_3 , с SbF_5 — SbOF_3 и FCIO_3 , с N_2O_5 в CCl_4 — NO_2ClO_4 . Используя Cl_2O_7 , можно синтезировать орг. перхлораты из спиртов. Получают Cl_2O_7 действием P_2O_5 или олеума на хлорную к-ту или электролизом р-ра HClO_4 на Pt-электродах ниже 0 °C (Cl_2O_7 накапливается в анодном пространстве). Чистый Cl_2O_7 можно получить также при нагр. в вакууме нек-рых перхлоратов, напр. $\text{Nb}(\text{ClO}_4)_5$, $\text{MoO}_2(\text{ClO}_4)_2$.

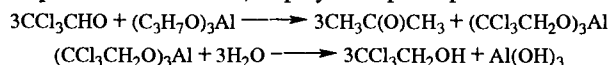
Известен ряд хлоркислородных свободных радикалов, полученных в разл. низкотемпературных матрицах и исследованных преим. методом ЭПР, — ClO_3 , ClOO , ClClO , а также малостабильный сесквиоксид Cl_2O_3 , распадающийся при -50 — 0 °C и имеющий, вероятно, структуру хлората хлора ClOClO_2 . Термически устойчивый радикал ClO (длина связи $\text{Cl}-\text{O}$ 0,1569 нм, μ 4,133 Кл·м, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ 101,6 кДж/моль) — промежут. продукт окисления углеводородов хлорной к-той и Х. о., распада всех Х. о. и др. хлоркислородных соед., а также р-ции озона с атомарным хлором в стратосфере.

Лит.: Никитин И. В., Химия кислородных соединений галогенов, М., 1986.

В. Я. Росоловский.

ХЛОРАЛЬ (трихлорэтакальдегид, трихлоруксусный альдегид) CCl_3CHO , мол. м. 147,4; бесцв. жидкость с резким запахом; т. пл. -57,5 °C, т. кип. 97,75 °C; d_4^{20} 1,5121; n_D^{20} 1,4557; давление пара (кПа) 0,13 (-30 °C), 4,25 (20 °C), 108 (100 °C); μ $5,27 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; η (мПа·с) 1,077 (22,5 °C), 0,533 (80 °C); γ 26,2 мН/м (50 °C); $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 240,6 кДж/кг; ϵ 7,580 (-40,1 °C), 4,228 (62,1 °C); раств. в орг. р-рителях; в воде не раств., но реагирует с ней с образованием водорастворимого хлораль-гидрата $\text{CCl}_3\text{CH}(\text{OH})_2$, мол. м. 165,2; т. пл. 51,4 °C, т. кип. 97,5 °C, d_4^{20} 1,619; последний раств. в этаноле, диэтиловом эфире, слабо раств. в бензоле, сероуглероде.

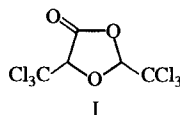
Х. вступает в р-ции с др. нуклеофилами, давая твердые хорошо кристаллизующиеся устойчивые аддукты, напр. с NH_3 — хлоральаммиак $\text{CCl}_3\text{CH}(\text{OH})\text{NH}_2$, с алкоголями — хлоральалкоголяты $\text{CCl}_3\text{CH}(\text{OH})\text{OR}$ (полуацетали) или ацетали $\text{CCl}_3\text{CH}(\text{OR})_2$. При кипячении водных р-ров Х. образуется глиоксиловая к-та $\text{HC}(\text{O})\text{COOH}$; при действии щелочей — HCl и соль муравьиной к-ты; при нагр. с H_2SO_4 — хлоралид (ф-ла I; т. пл. 116 °C). Конц. HNO_3 окисляет Х. до CCl_3COOH (с выделением NO и NO_2); при действии восстановителей, напр. изопропилата алюминия, образуется трихлорэтанол:



Хлорирование Х. при т-рах выше 100 °C или УФ освещении приводит к образованию CCl_4 , CO и HCl .

При хранении Х. медленно полимеризуется в белую аморфную массу (метахлораль, парахлораль), не раств. в воде, разбавленных к-тах, большинстве орг. р-рителей. Скорость полимеризации резко возрастает в присут. H_2SO_4 , $(\text{CH}_3)_3\text{N}$, AlCl_3 и др. катализаторов. При пиролизе (160–180 °C) полимер деполимеризуется с образованием мономерного Х.

В пром-сти Х. получают хлорированием этанола в каскаде двух реакторов: в первый реактор вводится хлор, частично прохлорированный спирт и вода, необходимая для гидролиза промежут. продуктов хлорирования, т-ра в реакторе (до



90 °С) поддерживается за счет теплоты р-ции. Во втором реакторе реагирует непрореагировавший в первом хлор и свежий этанол. Техн. продукт содержит 80–85% хлоральгидрата, 10–15% хлоралкоголята, примеси HCl и дихлорацетальдегида. X. выделяют обработкой смеси конц. H₂SO₄ с послед. разделением слоев, перегонкой и ректификацией.

X. может быть получен также хлорированием этиленхлоргидрина, ацетальдегида или смеси диэтилового эфира с водой при 25–90 °С, а также из CCl₄ и CH₂O при пропускании их паров над тонко раздробленными металлами (Cu) при 300 °С.

Используют X. в осн. для произ-ва инсектицидов и гербицидов, в небольших кол-вах для получения фармацевтич. препаратов. В виде хлоральгидрата ограниченно применялся как успокаивающее, снотворное и анестезирующее средство.

X. – труднотопящая жидкость. ПДК в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,2 мг/л.

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опшина, М., 1978, с. 159–67. Ю. А. Треггер.

ХЛОРАМИНЫ, хлорпроизводные аммиака ф-лы NH₂_xCl_{3-x}, где x = 1–3, а также орг. аминов общей ф-лы RRNCl₂, где R – орг. остаток, R – Cl, H, орг. остаток. К X. также относят N-хлорамиды и N, N-дихлорамиды орг. карбоновых и сульфокислот общей ф-лы соотв. RCONH₂_xCl_{3-x} и RSO₂NH₂_xCl_{3-x}, где x = 1–2, R – алкил или арил; N-хлоримины и N-хлоримиды.

X. – сильные окислители и хлорирующие агенты, обладают резким запахом, раздражают слизистые оболочки. При действии влаги разлагаются до RNH₂ и HClO. Р-ры в орг. р-рителях (бензол, диэтиловый эфир, CS₂) при хранении в темноте достаточно устойчивы. Все X. вытесняют I₂ из иодидов в подкисленных водных р-рах. Производные N-хлоранилина неустойчивы и перегруппировываются в производные N-хлоранилина. Хлорамиды карбоновых к-т – промежуточные продукты при получении первичных аминов по р-ции Гофмана. См. также *N-Галогенимиды*.

Неорг. X. получают взаимод. Cl₂ или гипохлоритов с аммиаком в водном р-ре. О трихлорамине NCl₃ см. в ст. *Азот*. Дихлорамин NHCl₂ неустойчив, мгновенно разлагается. Монохлорамин NH₂Cl – бесцв. жидкость, замерзает при –66 °С; при комнатной т-ре в свободном виде может взрываться, в р-ре диэтилового эфира в отсутствие влаги достаточно устойчив; хорошо раств. в воде; важный реагент в орг. синтезе, напр. при получении α-дазокетониз α-гидроксиминокетониз, в р-циях сужения цикла при синтезе стероидов, расширения цикла фенолов, при получении триарилфосфиниминов из триарилфосфинов и др. Ниже описаны наиб. важные в практич. отношении X.

Монохлорамин Б (хлорамин Б, тригидрат натриевой соли монохлорамида бензолсульфокислоты) C₆H₅SO₂N(Na)Cl·3H₂O – бесцв. или слегка желтоватые кристаллы со слабым запахом хлора; т. пл. 180–185 °С (с разл.); раств. в воде и этаноле; оказывает антисептич. и дезодорирующее действие. Получают монохлорамин Б хлорированием щелочного бензолсульфамида газообразным Cl₂, а также обработкой смеси (1:1) дихлорамида и амида бензолсульфокислоты водным р-ром NaOH. Применяют для лечения инфицированных ран (1,5–2%-ные водные р-ры), дезинфекции рук (0,25–0,5%-ные р-ры), обеззараживания предметов ухода и выделений больных при кишечных, каплевых и туберкулезных инфекциях, для дегазации нек-рых ОВ (в т. ч. иприта), как отбеливатель в текстильной пром-сти, реагент в аналит. химии.

Аналогичные св-ва, получение и применение имеют монохлорамин ХБ (гидрат натриевой соли монохлорамида n-хлорбензолсульфокислоты) ClC₆H₄O₂N(Na)Cl·H₂O – светло-желтые кристаллы, разлагается при 180 °С; монохлорамин Т (тригидрат натриевой соли монохлорамида толуолсульфокислоты) CH₃C₆H₄SO₂N(Na)Cl·3H₂O – бесцв. кристаллы, т. пл. 175–180 °С (с разл.). Получают аналогично монохлорамину Б.

Дихлорамин Б (дихлорамид бензолсульфокислоты) C₆H₅SO₂NCl₂ – бесцв. кристаллы, т. пл. 72–74 °С; плохо раств. в воде (0,02% по массе), хорошо раств. в бензоле, толуоле, 1,2-дихлорэтаноле, хлороформе, CCl₄; горюч, т. всп.

204 °С, самовоспламеняется при контакте с орг. в-вами, взрывается при мех. и тепловом (выше 160 °С) воздействии, ниж. КПВ пылевоздушной смеси 24,7 г/см³. Получают дихлорамин Б хлорированием щелочного р-ра бензолсульфамида газообразным Cl₂. Используют как хлорирующее, дезинфицирующее и дегазирующее средство.

Аналогичные св-ва и применение имеют: дихлорамин ХБ (дихлорамид n-хлорбензолсульфокислоты) ClC₆H₄SO₂NCl₂ – бесцв. кристаллы, т. пл. 83 °С, т. разл. 160–162 °С; плохо раств. в воде (0,05% по массе), хорошо раств. в 1,2-дихлорэтаноле; т. всп. 196–205 °С, ниж. КПВ 5,4 г/м³; дихлорамин Т (дихлорамид n-толуолсульфокислоты) CH₃C₆H₄SO₂NCl₂ – бесцв. кристаллы, т. пл. 80–83 °С, выше т-ры плавления разлагается с самовоспламенением, хорошо раств. в хлороформе. Получают аналогично дихлорамину Б.

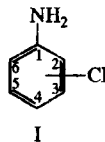
Пантоцид (галазон, пантосепт, дихлорамид n-карбоксибензолсульфокислоты) HOOC₂C₆H₄SO₂NCl₂ – бесцв. кристаллы со слабым запахом хлора; плохо раств. в воде и разб. к-тах, хорошо раств. в р-рах щелочей и карбонатов щелочных металлов. Получают пантоцид обработкой n-карбоксибензолсульфамида водным р-ром NaClO. Применяют гл. обр. для обеззараживания воды; водные р-ры м. б. использованы для дезинфекции рук, спринцеваний и обработки ран.

Хранят X. в хорошо закупоренной таре в прохладном, защищенном от света месте.

ХЛОРАНИЛИНЫ (аминохлорбензолы), соед. общей ф-лы NH₂C₆H_{3-x}Cl_x. Наиб. практич. значение имеют 2-, 3- и 4-X. (ф-ла I), 2,3-, 2,4-, 2,5-, 3,4-, 3,5-дихлоранилины и 2,4,5-трихлоранилин.

X. – бесцв., окрашивающиеся на воздухе кристаллы или жидкости (табл.); легко раств. в большинстве орг. р-рителей, к-тах, не раств. в воде (за исключением 4-X.). Слабые основания; с минер. к-тами образуют соли.

X. обладают св-вами *ароматических соединений*. С 1,3,5-тринитробензолом и орг. к-тами X. образуют окрашенные комплексы, напр. комплекс 2,4,5-тринитрохлоранилина с пикриновой к-той, т. пл. 82,5 °С. Легко вступает в р-ции электроф. замещения; так, нитрование 4-X. при –20 °С приводит к смеси 2- и 3-нитро-4-хлоранилинов, нитрование 2,5-дихлоранилина – к соответствующему 4-нитроанилину, хлорирование 3,4-дихлоранилина в CHCl₃ – к 2,3,4,6-тетрахлоранилину. X. легко алкилируется диметилсульфатом при напр. и ацетируется (CH₃CO)₂O в бензоле с образованием соответствующих N-производных; дихлоранилины ацетируются значительно труднее. 2-, 3- и 4-X. легко диазотируются разб. HNO₂ в разб. HCl при 0 °С с образованием солей диазона, применяющихся в произ-ве *азокрасителей*. С альдегидами и кетонами X. дают *Шиффовы основания*, напр. нагревание 2-X. с бензальдегидом приводит к N-бензилиден-2-хлоранилину. 4-X. в присут. m-нитробензолсульфокислоты взаимод. с глицерином по *Скраупа реакции* с образова-



СВОЙСТВА ХЛОРАНИЛИНОВ

Положение атомов Cl в кольце	Моля. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d ₄ ²⁰	η _D ²⁰	pK _a	μ, Кл·м (20 °С, бензол)
2 ^a	127,6	–12 ^b , –2 ^c	209–210	1,2125	1,5921	2,64	5,90·10 ^{–30}
3	127,6	–10,4	230–231	1,2157	1,5942	3,50	8,04·10 ^{–30}
4	127,6	70,45	231–232	1,175 (70 °С)	—	3,97	9,91·10 ^{–30}
2,3	162,0	24	252	1,383 (25 °С)	—	—	—
2,4	162,0	63	245	—	1,567	2,4	—
2,5 ^a	162,0	50	251	—	—	—	5,60·10 ^{–30}
3,4	162,0	72	272	—	—	—	—
3,5	162,0	51–53	260	—	—	—	—
2,4,5	195,6	96,5	270	—	—	—	—

^a Т. пл. гидрохлорида 235 °С (в запаянном капилляре). ^b Для α-формы. ^c Для β-формы. ^d Т. пл. гидрохлорида 165 °С, сульфата 196–197 °С.

нием 6-хлорхинолина, легко фосгенируется в присут. безводного HCl в диоксане при 70–75 °С до 4-хлорфенилизотиоцианата, к-рый при 25 °С с диметиланилином дает гербицид моноурон.

В пром-сти X. получают гидрированием соответствующих хлорнитробензолов (Pt-кат., 50–100 °С, 0,25–3 МПа); во избежание дегалогенирования применяют добавки (0,1–1% по массе) MgO, CaO, пиперидина или морфолина.

X. – азогены при произ-ве азокрасителей, пигментов, кап-розолов, сырье для получения лек. ср-в, гербицидов и инсектицидов.

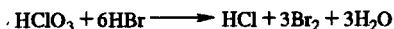
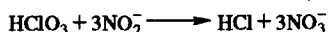
Для 2-, 3- и 4-X. т. всп. соотв. 127,2, 124 и 123 °С, т. воспл. 707, 688 и 650 °С. X. поражают центр. нервную систему, печень и почки; всасываются через кожу. ЛД₅₀ 256 (2-X.), 334 (3-X.), 228 (4-X.) мг/кг (мыши, перорально). ПДК в воздухе рабочей зоны 0,05–0,3 мг/м³; ПДК 2,5- и 3,4-дихлоранилинов в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,05 мг/л.

Лит.: Венкатараман К., Химия синтетических красителей, пер. с англ., т. 1, Л., 1956, с. 105; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 188–90; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 7, Weinheim, 1974, S. 570; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 2, N.Y., 1978, p. 318; там же, v. 7, N.Y., 1979, p. 820; там же, v. 12, N.Y., 1980, p. 300, 319, 327. С. И. Дибенко.

ХЛОРАНТРАХИНОНЫ, см. Галогенантрахиноны.

ХЛОРАТЫ, соли хлорноватой к-ты HClO₃. Анион ClO₃[–] имеет структуру тригон. пирамиды, длина связей Cl–O 0,1452–0,1507 нм, угол OClO 106°. Анион ClO₃[–] не образует ковалентных связей через атом O и не склонен образовывать координац. связи. Существует неск. соед., к-рые также относятся к X., в них группа ClO₃ связана ковалентно через атом Cl – FClO₃, NClO₃, C₆H₅ClO₃ и др.

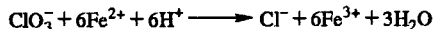
Хлорноватая к-та HClO₃ известна только в водном р-ре, предельная концентрация ок. 30%, попытка получить более конц. к-ту вакуумной отгонкой приводит к разложению и иногда взрыву; pK_a –2,7; ΔH_{обр} в бесконечно разб. водном р-ре –95,23 кДж/моль; при 18 °С плотн. 7,23%-ного р-ра 1,0421, 13,57%-ного 1,0829 и 25,87%-ного 1,1713 г/см³. HClO₃ легко восстанавливается до HCl, напр.:



В слабокислой среде H₂SO₃ восстанавливает ClO₃[–] до Cl[–], но при пропускании SO₂, разбавленного воздухом, в сильноокислый р-р идет р-ция:



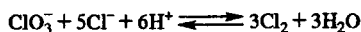
Взаимод. солей Fe(II) в среде 5M H₃PO₄ или H₂SO₄ с хлорат-ионом идет при 70–80 °С в присут. OsO₄ и используется для количеств. определения X.:



В сильноокислой среде устанавливается равновесие:



С ростом т-ры константа равновесия увеличивается от 0,038 (10 °С) до 0,073 (60 °С). При избытке Cl[–] возрастает вклад р-ции:



Получают HClO₃ действием H₂SO₄ на р-р Ba(ClO₃)₂ или в ионообменных колонках.

X. – энергичные окислители как в р-ре, так и в твердом состоянии: смеси безводных X. с S, углем и др. в-вами, способными окисляться, детонируют при быстром нагревании и ударе. Хотя хлор в X. находится не в высшей степени окисления, окислить ClO₃[–] до ClO₄[–] в водном р-ре удается только электрохимически или под действием XeF₂. O₃ не окисляет X. до перхлоратов. В виде гидратов известны X. большинства металлов, в безводном состоянии известны X. щелочных и щел.-зем. металлов, Ag, Ti(II), Pb(II), а также NH₄Cl, N(CH₃)₄ClO₃ и т. п. X. металлов переменной валентности, как правило, неустойчивы и склонны к взрывному распаду.

Все X. щелочных металлов (табл.) разлагаются экзотермически на MCl и O₂ с промежут. образованием перхлоратов. Оксиды переходных металлов – MnO₂, Fe₂O₃, CoO, NiO и др., а также Na₂O₂ катализируют распад X., снижая т-ру разложения на 100–200 °С. Выше 300 °С X. щелочных металлов имеют небольшое собств. давление пара и м. б. возогнаны. О св-вах NaClO₃ см. *Натрия хлорат*.

СВОЙСТВА ХЛОРАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Показатель	LiClO ₃	NaClO ₃	KClO ₃	RbClO ₃	CsClO ₃
Сангония	—	Кубич.	Моноклинная	Гексагон.	Гексагон.
Пространств. группа	—	P2 ₁ 3	P2 ₁ /m	R3m	R3m
Т. пл., °С	129	263	357	342	388
Т-ра начала разложения, °С	367	465	472	480	483
Плотн., г/см ³	2,631	2,493	2,338	3,203	—
C _p , Дж/(моль·К)	—	100,1	100,3	103,2	104,6
ΔH _{обр} , кДж/моль	–368,3	–357,7	–389,1	–394,3	–406,8
Р-римость в воде, г в 100 г	406,3	95,89	8,58	6,61	7,60

X. лития LiClO₃ гигроскопичен; образует гидраты: LiClO₃·3H₂O (т. пл. 8,5 °С), LiClO₃·H₂O (т. пл. 20,5 °С, с разл.), LiClO₃·0,25 H₂O (т. пл. 42 °С, с разл.). Эвтектич. смесь LiClO₃ – NaClO₃ имеет т. пл. 107,1 °С и содержит 69% LiClO₃. Бертоллетова соль KClO₃ при 250 °С переходит из моноклинной в ромбич. модификацию; негигроскопична, гидратов не образует; р-римость KClO₃ в воде при 100 °С достигает 56,0 г в 100 г; выше 220 °С реагирует с газообразным NH₃, образуя KNO₃, KCl, Cl₂ и H₂O. Смеси KClO₃ с солями аммония и гидразония могут самовоспламеняться при хранении.

X. магния Mg(ClO₃)₂ очень гигроскопичен; р-римость в воде при 25 °С 142 г в 100 г; образует гидраты: Mg(ClO₃)₂·2H₂O (разлагается с частичной дегидратацией выше 100 °С), Mg(ClO₃)₂·4H₂O (т. пл. 65,7 °С), Mg(ClO₃)₂·6H₂O (т. пл. 34,2 °С), Mg(ClO₃)₂·12H₂O (т. пл. –7,5 °С). Образует также кристаллич. комплекс с мочевиной Mg(ClO₃)₂·6CO(NH₂)₂. X. кальция Ca(ClO₃)₂ гигроскопичен; дает гидраты: Ca(ClO₃)₂·2H₂O (т. пл. 76 °С), Ca(ClO₃)₂·4H₂O (т. пл. –7,8 °С) и Ca(ClO₃)₂·6H₂O (т. пл. –26,8 °С), все они плавятся incongruently; р-римость в воде при 25 °С 194,5 г в 100 г; ΔH_{обр} –710,0 кДж/моль; получают хлорированием известкового молока при 70–80 °С. X. бария Ba(ClO₃)₂ – кристаллы ромбич. сингонии (пространств. группа Fdd2); т. пл. 400 °С (с разл.; плотн. 3,347 г/см³; ΔH_{обр} –738,0 кДж/моль; р-римость в воде при 25 °С 42,9 г в 100 г; моногидрат обезвоживается выше 135 °С. AgClO₃ – кристаллы тетрагон. сингонии (пространств. группа I4/mmm), при 142 °С переходит в кубич. форму; т. пл. 231 °С; плотн. 4,439 г/см³; ΔH_{обр} –25,5 кДж/моль; взрывает при нагревании, особенно после длит. хранения или пребывания на свету.

В пром-сти X. получают обменной р-цией NaClO₃ с хлоридами металлов.

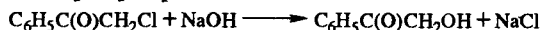
Расходуют X. в целлюлозно-бумажной пром-сти на получение ClO₂ для отбеливания, на произ-во перхлоратов, в качестве гербицидов и дефолиантов хлопчатника и др. культур [Ca(ClO₃)₂, Mg(ClO₃)₂], компонентов пиротехн. составов, окислителей в смесевых ВВ, KClO₃ – в произ-ве спичек, NaClO₃ – в пиротехн. источниках кислорода.

При попадании в организм X. действует на кровь – переводит гемоглобин в метгемоглобин и вызывают распад эритроцитов. Токсичная доза для человека менее 1 г на 1 кг массы, 10 г могут вызвать смерть.

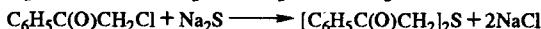
В. Я. Росоловский

ХЛОРАЦЕТОФЕНОН (α-хлорацетофенон, α-хлорацетофенон, фенацилхлорид, си-эн, CN) C₆H₅C(O)CH₂Cl, мол. м. 154,60; бесцв. кристаллы с запахом цветов черемухи; т. пл. 59 °С, т. кип. 245 °С; плотн. 1,318 г/см³ (20 °С); плохо раств. в воде (ок. 0,1% при 20 °С), ограниченно – в неполярных, хорошо – во мн. полярных р-рителях; легучесть 0,11 мг/л (20 °С).

Химически устойчив, медленно реагирует с водой и только при кипячении в водно-спиртовых р-рах щелочей гидролизуется с потерей раздражающего действия:



Для разложения X. пригодна р-ция с Na_2S в водном этаноле:



X. термически стабилен и устойчив к детонации. При нагревании в течение 15 мин при 300 °C разлагается 1,5% X., при 600 °C – 9%, при 750 °C – 32%.

Получают X. хлорированием ацетофенона или взаимодействием бензола с хлорацетилхлоридом по р-ции Фриделя – Крафтса.

X. – в-во слезоточивого действия (лакриматор), применяющееся в качестве учебного, а в нек-рых странах полицейского ОВ. Слезотечение возникает при концентрации 0,002 мг/л, при 0,01 мг/л оно становится непереносимым и сопровождается раздражением кожи лица и шеи. При концентрации 0,08 мг/л и экспозиции 1 мин человек выводится из строя на 15–30 мин; концентрация 10–11 мг/л смертельна.

Защита от X. – противогаз.

Лит. см. при ст. *Отравляющие вещества*.

В. И. Емельянов.

ХЛОРБЕНЗАЛЬДЕГИДЫ, соед. ф-лы $\text{C}_6\text{H}_4\text{CHO}$; мол. м. 140,57. Бесцв. кристаллы (табл.) с запахом горького миндаля. Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, ацетоне, ограниченно – в воде.

СВОЙСТВА ХЛОРБЕНЗАЛЬДЕГИДОВ

Соединение	Т. пл., °C	Т. кип., °C	d_4^{20}	n_D^{20}
2-Хлорбензальдегид	11	213	1,2520	1,5673
3-Хлорбензальдегид	17	214	1,2497	1,5650
4-Хлорбензальдегид	47	214	1,1960 (61 °C)	1,5553 (60 °C)

По хим. св-вам аналогичны бензальдегиду. Наличие атомов Cl в ароматич. ядре повышает электроф. активность альдегидной группы, а также увеличивает подвижность атомов Cl (для *o*- и *p*-изомеров) в р-циях с нуклеоф. агентами.

Получают X. гидролизом хлорзамещенных бензилиденхлоридов, взаимодействием хлорзамещенных бензилгалогенидов с гексаметилентетрамином, диазотированием аминокбензальдегидов с послед. заменой диазогруппы на галоген, хлорированием бензальдегида Cl_2 в присут. SbCl_5 и I_2 (замещение в ядре идет пл. обр. в *мета*-положение).

Применяют в произ-ве трифенилметановых красителей, лек. ср-в, в орг. синтезе.

Лит.: Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, 4 Aufl., Bd 7, Tl 1, Stuttgart, 1954.

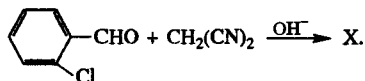
Г. В. Моцарев.

ХЛОРБЕНЗАЛЬМАЛОНОДИНИТРИЛ (*o*-хлорбензилиденмалонодинитрил, си-эс, CS), мол. м. 188,63; бесцв. кристаллы; т. пл. 95 °C, т. кип. 315 °C (с разл.); плотн. 1,04 г/см³ (20 °C); плохо раств. в воде (0,01% при 30 °C), хорошо – в хлороформе, ацетоне, диоксане; летучесть 0,00012 мг/л (20 °C).

X. химически устойчив. Присоединяет нуклеоф. реагенты с разрывом связи $\text{C}=\text{C}$, водой гидролизуется очень медленно с образованием *o*-хлорбензальдегида и малонодинитрила.

В 95%-ном этаноле время гидролиза на 99% составляет при 30 °C 635 мин, при 40 °C – 265 мин. Разб. щелочи ускоряют гидролиз, к-ты замедляют его. X. реагирует с окислителями с потерей раздражающих св-в. Термич. устойчив до 300 °C, при 625 °C разлагается за 15–20 с.

Получают X. по р-ции, обратной гидролизу, в присут. оснований (р-ция Кнёвенагеля):



X. – ОВ раздражающего действия, кратковременно (на 10–30 мин) выводящее живую силу из строя. Аэрозоль X.

вызывает обильное слезотечение, жжение в области носоглотки, загрудинные боли, что сопровождается конъюнктивитом и покраснением влажной кожи. Первые признаки поражения появляются при концентрации 0,002 мг/л. Концентрация 0,005 мг/л непереносима при экспозиции 1 мин; при 0,27 мг/л и экспозиции 10 мин отмечаются поражения легких, а при концентрации 6,1 мг/л и той же экспозиции – смертельный исход. Обнаружено тератогенное действие X. на человека.

Защита от X. – противогаз, иногда требуются ср-ва защиты кожи.

Лит. см. при ст. *Отравляющие вещества*.

В. И. Емельянов.

ХЛОРБЕНЗОЛ (фенилхлорид) $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$, мол. м. 112,56; бесцв. жидкость с характерным запахом; т. пл. –45,58 °C, т. кип. 131,68 °C; d_4^{20} 1,10630, плотн. по воздуху 3,87; n_D^{20} 1,52481; давление пара (кПа) 0,13 (–13 °C), 1,33 (22,2 °C), 53,32 (110 °C), 4053 (350 °C); μ 5,2 · 10^{–30} Кл · м; η жидкости (мПа · с) 0,844 (15 °C), 0,512 (60 °C); γ 33,28 мН/м (20 °C); C_p [кДж/(кг · K)] 1,221 (–43 °C), 1,330 (17 °C), 1,368 (47 °C); $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 337,3 кДж/кг, $\Delta H_{\text{гор}}^0$ –3194,3 кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –111,7 кДж/моль, S_{298}^0 273,4 кДж/(моль · K); $t_{\text{крист.}}$ 359,2 °C, $P_{\text{крист.}}$ 4,52 МПа; коэф. теплопроводности жидкости [Вт/(м · K)] 0,140 (–40 °C), 0,128 (20 °C), 0,108 (120 °C); ϵ 5,65 (20 °C), твердого – 2,74. Хорошо раств. в орг. р-рителях; р-римость в воде 0,049% по массе (30 °C); образует азеотропную смесь с водой (т. кип. 90,2 °C, 71,6% X.).

X. обладает св-вами ароматических соединений. Взаимодействие с Cl_2 в жидкой фазе в присут. Fe при 70 °C приводит к смеси 2- и 4-дихлорбензолов (см. *Дихлорбензолы*); при более глубоком хлорировании получают *трихлорбензолы* и полихлорбензолы. Атом Cl в X. замещается на гидроксил и аминогруппу: при действии 10%-ного р-ра NaOH (400 °C, 27 МПа) образуется фенол, при действии NH_3 (400 °C, кат. CuCl) или его водного р-ра (200–210 °C, 7 МПа) – анилин. Нитрование X. приводит к смеси 2- и 4-хлорнитробензолов, сульфирование конц. H_2SO_4 – к 4-хлорбензолсульфокислоте. Взаимодействие с Mg в эфире дает фенилмагниихлорид.

Получают X. хлорированием бензола при 80–85 °C в реакторах колонного типа, заполненных железными кольцами. Выделяют ректификацией после промывки, нейтрализации и азеотропной сушки реакционной массы; кубовый остаток содержит смесь полихлорбензолов, из к-рой выделяют 2- и 4-дихлорбензолы в отношении 1:2.

Применяют X. в произ-ве фенола, дихлорбензолов, красителей, нек-рых пестицидов и др.

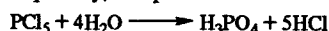
Т. всп. 29 °C, т. самовоспл. 638 °C, КПВ 1,3–7,1. X. вызывает головную боль, головокружение, сонливость, расстройство пищеварения, при попадании на кожу – экзему. ПДК в воздухе рабочей зоны 2 мг/м³, ПДК в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,02 мг/л.

Лит.: Промышленные хлороорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Ошнина, М., 1978, с. 356–62.

Ю. А. Треггер.

ХЛОРБУТИЛКАУЧУК, см. *Бутилкаучук*.

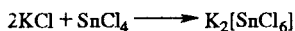
ХЛОРИДЫ, соединения хлора с менее электроотрицат. элементами. Степень окисления хлора в X. –1. По характеру хим. связи X. подразделяют на ионные и ковалентные; ковалентные связи в X. являются полярными. X. щелочных, щел.-зем. металлов, аммония, алкиламмония, *d*- и *f*-элементов в их низших степенях окисления (напр., MnCl_2 , NdCl_3) – типичные соли. В водных р-рах они почти полностью диссоциируют на ионы. Увеличение числа атомов хлора в молекулах X. приводит, как правило, к уменьшению полярности хим. связи и термич. стойкости X., увеличению их летучести и склонности к гидролизу. Малорастворимые в воде X. – AgCl , CuCl , Hg_2Cl_2 , PbCl_2 . X. неметаллов в большинстве случаев подвергаются в воде полному гидролизу, напр.:



Нек-рые X. неметаллов – комплексные соед., напр. кристаллич. PCl_5 состоит из ионов $[\text{PCl}_4]^+$ и $[\text{PCl}_6]^-$. X. брома и иода относят к *межгалогенным соединениям*. Для ряда X. характерна ассоциация и полимеризация в жидкой и газовой

фазах с образованием хлоридных мостиков между атомами. Напр., AlCl_3 в газовой и жидкой фазах образует димер, причем энергия разрыва двух мостиковых связей 130 кДж/моль.

Многие X. взаимод. между собой, образуя комплексные соед., напр.:



С соляной к-той и Cl_2 ионы Cl^- образуют малоустойчивые анионы – соотв. $[\text{HCl}_2]^-$ и $[\text{Cl}_3]^-$.

X. получают либо из простых в-в (напр., $\text{P}_4 + 10\text{Cl}_2 \longrightarrow 4\text{PCl}_5$), либо взаимод. соляной к-ты с металлами, оксидами, гидроксидами, карбонатами и гидрокарбонатами (напр., $\text{ZnO} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$).

Для обнаружения X., образующих в водном р-ре Cl^- , р-р X. подкисляют HNO_3 и добавляют р-р AgNO_3 , при этом сразу же выпадает белый хлопьевидный осадок AgCl , постепенно темнеющий на свету и растворяющийся в водном NH_3 .

В природе X. образуют многочисленные минералы, напр. галит NaCl , сильвин KCl , карналлит $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, бишофит $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Значит. кол-ва X. содержат морские воды, соляные, подземные рассолы. Нек-рые X., напр. NaCl , KCl и CaCl_2 , входят в состав живых организмов.

X. используют в произ-ве Cl_2 , щелочей, нек-рых металлов, производных кислородных к-т хлора, в орг. синтезе и др. На образовании летучих X. основано обогащение и разделение мн. цветных и редких металлов путем хлорирования их руд. См. также *Галогениды*.

Лит.: Фурман А.А., Неорганические хлориды, М., 1980; Степин Б.Д., Цветков А.Л., Неорганическая химия, М., 1994. Б.Д. Степин.

ХЛОРИРОВАНИЕ, см. *Галогенирование*.

ХЛОРИРОВАННЫЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЕ ЛАКИ (хлорполиэтиленовые лаки), лакокрасочные материалы на основе р-ров хлориров. полиэтилена в орг. р-рителях. В X. п. л. используют высокохлориров. (содержание хлора 62–66% по массе) полиэтилен с мол. м. 5–15 тыс., о получении к-рого см. *Полиолефины хлорированные*.

Осн. р-рители X. п. л.: ароматич. углеводороды (толуол, ксилол), сложные эфиры, кетоны (кроме ацетона). Осн. пластификаторы, уменьшающие хрупкость X. п. л., – жидкие и твердые хлорпарафины, фталаты, фосфаты. В качестве дополнит. пленкообразователей в X. п. л. используют эпоксидные (для повышения адгезии к металлу), алкидные и нек-рые др. смолы. Для предотвращения дегидрохлорирования при эксплуатации в X. п. л. вводят термостабилизаторы (эпоксидная смола, эпоксицированное растит. масло), для получения толстослойных покрытий – тиксотропные добавки (производные касторового масла, аэросилы, бентонит, модифицированный ПАВ); другие составляющие X. п. л. – пигменты (гл. обр. минеральные – TiO_2 , ZnO , Cr_2O_3 , железоксидные пигменты, свинцовые кроны и др.) и наполнители (талк, барит и др.), к-рые предварительно диспергируют в бисерной или шаровой мельнице в р-ре хлорированного полиэтилена.

Перед нанесением X. п. л. окрашиваемую пов-сть тщательно очищают мех. или хим. способом. X. п. л. наносят распылением (пневматическим, безвоздушным, электростатическим), валиком, кистью, окунанием. Пленкообразование осуществляется в результате испарения р-рителя, а при наличии в рецептуре дополнит. пленкообразователя – по механизму его высыхания. X. п. л. сушат при 15–80 °С, время высыхания от неск. минут до 1–2 ч. Широко применяемая система покрытий X. п. л. металлич. пов-стей включает антикоррозионную грунтовку, промежут. тиксотропную грунтовку, создающую основную толщину покрытия, и покрывную эмаль; общая толщина покрытия ок. 200 мкм.

X. п. л. образуют покрытия, обладающие высокой стойкостью к минер. к-там, щелочам, влаге, спиртам, маслам и отличающиеся высокой прочностью, эластичностью, низкой паропроницаемостью; осн. недостаток – невысокая термостойкость.

Осн. области применения X. п. л.: окраска разл. сооружений и оборудования из металла, бетона, дерева, эксплуатиру-

ющихся в пром. атмосфере, окраска гидротехн. сооружений, судов, изделий, подвергающихся воздействию хим. реагентов; дорожно-маркировочные краски.

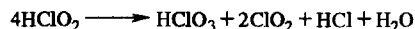
Лит.: Бем-Каспер К.Х. [и др.], «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1988, т. 33, № 1, с. 63–66. В.Ю. Эрман.

ХЛОРИСТАЯ КИСЛОТА, см. *Хлориты*.

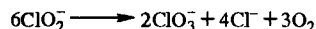
ХЛОРИСТЫЙ ВОДОРОД, см. *Соляная кислота*.

ХЛОРИТЫ, соли хлористой к-ты HClO_2 , бесцв. или желтоватые кристаллы, устойчивы при обычных условиях в безводном состоянии и в водном р-ре. В анионе ClO_2^- в зависимости от конкретной кристаллич. решетки длина связей $\text{Cl}-\text{O}$ 0,1540–0,1570 нм, угол OClO 108,2–110,5°.

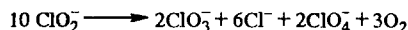
Хлористая к-та HClO_2 – слабая неустойчивая к-та, при 25 °С pK_a 1,94; $\Delta H_{\text{обр}}^\circ$ в бесконечно разб. водном р-ре –53,6 кДж/моль; за 9 ч при 40 °С и pH 4 распадается на 7%, а при pH 2 – на 80%:



Щелочные р-ры X. в темноте вполне устойчивы даже при кипячении, однако под действием света идет р-ция:

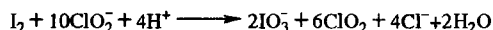


В кислой среде фотохим. распад идет по схеме:

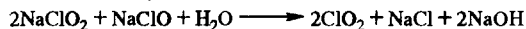


За 30 мин облучения при pH 8,94 степень распада 50%, при pH 4,76 – 80%.

X. – окислители, окислит.-восстановит. потенциал растет с уменьшением pH р-ра. В кислой среде ClO_2^- окисляет Br^- до Br_2 , NO_2^- и $\text{N}_2\text{O}_2^{2-}$ – до NO_3^- , NO – до NO_2 (но не реагирует с N_2O), H_2O_2 – до O_2 . Взаимод. с I_2 протекает более сложно:



При р-ции ClO_2^- с Cl_2 также образуются ClO_2 и Cl^- . При $\text{pH} \geq 11$ гипохлорит-ион быстро и количественно окисляет ClO_2 до ClO_3^- , именно поэтому X. отсутствуют в продуктах р-ции Cl_2 с водными р-рами щелочей. Но уже при $\text{pH} < 9$ окисление гипохлоритом идет только до ClO_2 :



Эту р-цию используют в нек-рых методах хлоритного беле-ния.

Термич. стабильность X. щелочных металлов растет не от Li к Cs, а от Cs к Li, что отличает X. от большинства солей кислородных к-т. При медленном нагревании и в изотермич. условиях происходит сильно экзотермич. диспропорционирование без выделения газа ($3\text{MClO}_2 \longrightarrow 2\text{MClO}_3 + \text{MCl}$); LiClO_2 разлагается при 150–180 °С, KClO_2 – при 135–160 °С, RbClO_2 – при 100–140 °С, RbClO_2 – при 90–120 °С, CsClO_2 – при 50–100 °С. При быстром нагревании образуются MCl и O_2 , в присут. оксидов переходных металлов или примеси орг. в-в р-ция может принять взрывной характер.

X. натрия NaClO_2 – кристаллы моноклинной сингонии (пространств. группа $I2/a$); плотн. 2,468 г/см³; $\Delta H_{\text{обр}}^\circ$ –311,3 кДж/моль; р-римость в воде при 25 °С 75,8 г в 100 г, в этаноле – 60 г/л. Ниже 37,4 °С из водных р-ров выделяется в виде $\text{NaClO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – кристаллы триклинной сингонии (пространств. группа $P\bar{1}$; $\Delta H_{\text{обр}}^\circ$ –1197 кДж/моль. X. др. металлов

изучены мало. В пром-сти NaClO_2 применяют для отбеливания тканей. Получают его восстановлением ClO_2 в щелочной среде. В качестве восстановителей используют уголь, цинковую пыль, H_2O_2 , PbO и т.п. Одно из техн. названий NaClO_2 «текстон». Токсичность X. примерно такая же, как у *хлоратов*.

В.Я. Росоловский.

ХЛОРКАУЧУК, продукты хлорирования натурального или синтетич. каучука. Хлорируют каучуки для придания им новых св-в, напр. способности к вулканизации специфич. агентами или к совулканизации с др. эластомерами, а также для получения некаучукоподобных продуктов, применяемых для приготовления лаков, клеев и др.

В качестве хлорирующих агентов используют Cl_2 (осн.), SOCl_2 , SO_2Cl_2 и др.

Наиб. применение находит хлориров. НК – собственно хлоркаучук $[\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{Cl}]_n$ – белый термопласт; мол. м. $\sim 100\,000$, содержание хлора 65–70%; плотн. 1,63–1,66 г/см³; т-ра размягч. 70 °С; образует прозрачные пленки ($\sigma_{\text{раст}}$ до 45 МПа); раств. в ароматич. и хлориров. углеводородах, растит. маслах и животных жирах, не раств. в воде, спиртах, ацетоне, минер. маслах; при нагрев. до 180–200 °С выделяет HCl . Негорюч, стоек к действию к-т, щелочей, солей, медленно реагирует с аминами. Получают, пропуская Cl_2 в р-р пластицированного НК в р-рителях, к-рые сами не хлорируются (CCl_4 , дихлорэтан, гексахлорэтан), при ~ 80 °С. При хлорировании измельченного или листового НК жидким или газообразным Cl_2 под давлением получают продукт с содержанием хлора ок. 70%. Хлорирование действием SO_2Cl_2 приводит к полимеру ф-лы $[\text{C}_5\text{H}_8\text{Cl}_2]_n$.

Помимо НК часто хлорируют натуральный латекс, стабилизируют для предотвращения коагуляции катионактивными или неионогенными эмульгаторами; р-цию проводят при 20–30 °С в течение 20 ч; мол. м. $\sim 80\,000$, содержание хлора $\sim 60\%$.

Используют хлоркаучук и хлориров. латекс для получения лакокрасочных материалов (см. *Хлоркаучуковые лаки*) и резиновых клеев.

Хлоропреновый каучук хлорируют в дихлорэтаноле или CHCl_3 при 45 °С и дневном освещении. Конечный продукт – хлорнаирит $[\text{C}_4\text{H}_5\text{Cl}_2]_n$ содержит до 68% хлора; раств. в ароматич. и хлориров. углеводородах, не раств. в воде, спиртах, минер. маслах; используется для получения клеев, скрепляющих резину с металлом.

Хлорирование бутадиенового каучука приводит к образованию продукта $[\text{C}_4\text{H}_6\text{Cl}_2]_n$, содержащего до 48% хлора, бутадиен-стирольного каучука – продукта с содержанием 55–62% хлора. По термостойкости и стойкости к действию щелочей они уступают хлоркаучуку; раств. в ароматич. углеводородах и неполярных р-рителях; используются в качестве компонентов резиновых клеев и для получения защитных покрытий (заливка швов, обмазка и др.).

О хлорированном бутилкаучуке см. *Бутилкаучук*, о хлорировании полиолефинов см. *Полиолефины хлорированные*.

Лит.: Догадкин Б. А., Донцов А. А., Шершнев В. А., *Химия эластомеров*, 2 изд., М., 1981; Синтетический каучук, под ред. И. В. Гармонова, 2 изд., Л., 1983; Bolker H. I., *Natural and synthetic polymers*, N.Y., 1974. См. также лит. при ст. *Резина*.

ХЛОРКАУЧУКОВЫЕ ЛАКИ, лакокрасочные материалы на основе р-ров хлориров. каучуков в орг. р-рителях. Используют гл. обр. хлоркаучуки с мол. м. 5–15 тыс.; содержание хлора 62–66%. Осн. р-рители Х. л. – гл. обр. ароматич. углеводороды (толуол, ксилол), а также сложные эфиры и кетоны (кроме ацетона); осн. пластификаторы – хлориров. парафины, фосфаты и фталаты. В качестве дополнит. пленкообразователей в Х. л. часто применяют алкидные или эпоксидные смолы, повышающие адгезию к металлу. Большинство Х. л. содержит также термостабилизаторы (акцепторы HCl) и тиксотропные добавки, позволяющие при однократном нанесении получать толстослойные покрытия. Для произ-ва пигментированных Х. л. применяют разл. пигменты и наполнители, к-рые диспергируют в бисерной или шаровой мельнице в р-ре хлоркаучука. Пленкообразование на окрашиваемой пов-сти осуществляется в результате испарения р-рителя, а при наличии дополнит. пленкообразователя – по механизму его высыхания; Х. л. сушат при 15–80 °С; время высыхания – от неск. мин до 1–2 ч. Св-ва Х. л. и области их применения аналогичны хлорированным полиэтиленовым лакам.

Лит.: Лившиц М. Л., Пшляковский Б. И., *Лакокрасочные материалы*. Справочник, М., 1982, с. 244–46. В. Ю. Эрман.

ХЛОРКСИЛОЛЫ. Различают Х., содержащие атомы хлора в ароматич. ядре [общая ф-ла $(\text{CH}_2)_n\text{C}_6\text{H}_{4-n}\text{Cl}_n$, $n = 1–3$], в ядре и боковой цепи, только в боковой цепи.

Х. – бесцв. жидкость или кристаллы; хорошо раств. в бензоле, диэтиловом эфире и др. орг. р-рителях, не раств. в воде. Наиб. практич. интерес представляют монохлорксилоры

(табл. 1) и дихлорксилоры с атомами хлора в ядре и боковой цепи.

Табл. 1. – СВОЙСТВА МОНОХЛОРКСИЛОЛОВ*

Соединение	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d_4^{25}
3-Хлор-о-ксилор	—	191	—
2-Хлор-о-ксилор	6,2	194	1,0692
3-Хлор-м-ксилор**	—	183–185	—
5-Хлор-м-ксилор	—	187–188	—
2-Хлор-п-ксилор	1,6	183–184	1,0589 (20 °С)

*Мол.м. 140,61. ** n_D^{25} 1,5241.

Х. по св-вам – типичные представители *ароматических соединений*. В пром-сти их получают жидкофазным хлорированием ксилоры при 50–70 °С в присут. FeCl_3 .

При фотохим. хлорировании ксилоры или при их хлорировании в присут. 2,2'-азо-бис-изобутиронитрила образуются разл. хлорпроизводные – ксилитхлориды [(хлорметил)метилбензолы, α -хлорксилоры, ф-ла I], ксилитендихлориды [бис-(хлорметил)бензолы, α, α' -дихлорксилоры, II] и гексахлорксилоры. Ксилитхлориды и ксилитендихлориды представляют собой гл. обр. бесцв. кристаллы с резким неприятным запахом (табл. 2). Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле и др. орг. р-рителях, не раств. в воде.

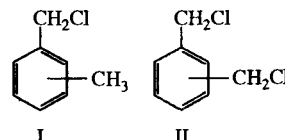


Табл. 2. – СВОЙСТВА КСИЛИТХЛОРИДОВ И КСИЛИТЕНДИХЛОРИДОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d_4^{20}	n_D^{20}
о-Ксилитхлорид	140,61	—	187–199	1,074	1,5400
м-Ксилитхлорид	140,61	—	195–196	1,064	1,5345
п-Ксилитхлорид*	140,61	–30	200–202	1,051	1,5380
о-Ксилитендихлорид	175,07	55	239–241	1,393 (0 °С)	—
м-Ксилитендихлорид	175,07	34,2	250–255	1,302	—
п-Ксилитендихлорид**	175,07	100	240–245	1,6417	—

(с разл.)

* $\Delta H_{\text{пл}}$ 45,96 кДж/моль, давление пара (кПа): 2,9 (81 °С); 2,6 (93 °С)

** $\Delta H_{\text{пл}}$ 137 кДж/моль, $\Delta H_{\text{исп}}$ 52,55 кДж/моль; давление пара (кПа): 0,6 (110 °С), 2,6 (120 °С); μ $7,44 \cdot 10^{-30}$ Кл.м.

Ксилитендихлориды при нагрев. с щелочами гидролизуются до ксилитенгликолей, с NH_3 и аминами образуют соответствующие производные.

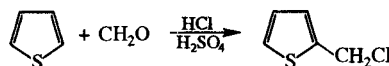
Препаративно ксилитхлориды м. б. получены хлорметилированием толуола параформальдегидом или формалином в присут. HCl и ZnCl_2 в среде CHCl_3 или CCl_4 ; аналогично из бензола или бензилхлорида получают ксилитендихлориды. Выделяют продукты перекристаллизацией.

Х. применяют для получения полиэфиров, полиамидов, смол полиоксарилиметиленового ряда, разл. хлорпроизводных.

Х. раздражают слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, вызывают поражение кожи, кровеносных органов и почек. ПДК в атм. воздухе для п-ксилитхлорида 12 мг/м³, для п-ксилитендихлорида 0,5 мг/м³.

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опина, М., 1978. Г. В. Моцарев.

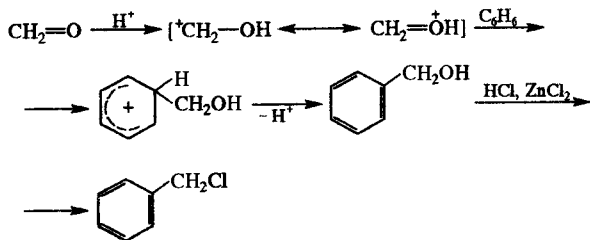
ХЛОРМЕТИЛИРОВАНИЕ, введение хлорметильной группы CH_2Cl в молекулу орг. соед. Особенно гладко протекает Х. ароматич. соед. (р-ция Блана). Р-цию осуществляют действием формальдегида и HCl в присут. к-т Льюиса или протонных к-т (ZnCl_2 , AlCl_3 , SnCl_4 , H_2SO_4 , H_3PO_4), напр.:



Вместо формальдегида можно использовать триоксиметилен, параформ, ацетали формальдегида. Легкость р-ции зависит от природы заместителей; электронодонорные заместители ускоряют р-цию. Легко хлорметилируется нитробензол, м-динитробензол в р-цию не вступает. Х. аминов и фенолов приводит к полимерным продуктам. Х. нафталина протекает в присут. ледяной CH_3COOH и H_3PO_4 .

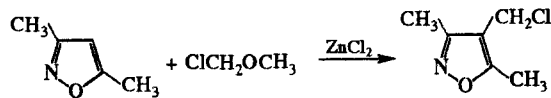
При Х. ароматич. соед. могут образовываться соед., содержащие 2, 3 (и более) хлорметильные группы; для получения монозамещенного продукта применяют 4–5-кратный избыток исходного соед.

Механизм Х. включает образование гидроксиметилпроизводного, к-рое далее под действием HCl превращается в хлорметилзамещенное соед.; атакующим электрофилом служит гидроксиметил-катион:



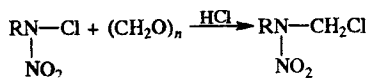
Аналогично Х. осуществляют фторметилирование, бромметилирование и иодметилирование с использованием соответствующих галогеноводородных к-т.

Х. можно проводить с помощью хлорметилалкиловых эфиров, напр.:



Хлорметилэтиловый эфир применяют для введения хлорметильной группы в полистирол; р-цию проводят в диоксане в присут. ZnCl_2 .

Х. азотсодержащих соед. м. б. осуществлено путем замещения атома хлора, напр.:

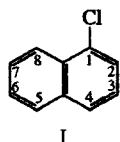


Х. используют для получения бензилхлорида, хлорметильных производных ксилолов, псевдокумола и др. Р-ция предложена Г. Бланом в 1923.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 353–55; Мышенко Г. Л., Вадура К. В., Синтетические методы органической химии, М., 1982, с. 390–91. Л. Н. Максимова.

ХЛОРНАФТАЛИНЫ, соед. общей ф-лы $\text{C}_{10}\text{H}_{8-n}\text{Cl}_n$ ($n=1-8$). Практич. интерес представляют 1-хлорнафталин и смесь три- и тетрахлорнафталинов.

1-Хлорнафталин (α-хлорнафталин; ф-ла I), мол. м. 162,62; бесцв. жидкость; т. пл. $-2,0^\circ\text{C}$, т. кип. 259°C , d_4^{25} 1,171; n_D^{20} 1,6326; η 0,294 мПа·с (25°C); давление пара (кПа): 0,13 ($80,6^\circ\text{C}$), 13,32 ($180,4^\circ\text{C}$), 53,32 ($230,8^\circ\text{C}$); теплопроводность 0,1256 Вт/(м·К); температурный коэф. объемного расширения $0,00252\text{ K}^{-1}$; ϵ 5,04 (25°C). Раств. в бензоле, этаноле, диэтиловом эфире, не раств. в воде.



Гидролизуется щелочами при высокой т-ре и давлении с образованием α-нафтола; инертен к спиртовому р-ру NH_3 и $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$ при нагрев. до 100°C . При окислении дымящей H_2SO_4 в присут. Hg_2SO_4 или воздухом в паровой фазе над V_2O_5 при 450°C превращается в 3-хлорфталевую к-ту, при взаимодействии с

безводным CuCN в р-ре пиридина при 200°C под давлением – в 1-нафтилнитрил, при действии Li в эфирной среде – в 1-нафтиллитий.

В пром-сти получают жидкофазным хлорированием нафталина в присут. FeCl_3 ; побочные продукты – 2-хлорнафталин, т. пл. 61°C , т. кип. 256°C , d_4^{25} 1,137, n_D^{25} 1,6079, а также 1,4- и 1,5-дихлорнафталины (т. пл. соотв. 67 и 107°C). Лаб. методы получения: хлорирование расплавленного нафталина в присут. FeCl_3 или в кипящем р-ре хлорбензола в присут. I_2 ; взаимод. нафталина с SO_2Cl_2 в присут. AlCl_3 ; из 1-нафтиламина по Зандмейера реакции.

Компонент этиловой жидкости. Горючий продукт; т. всп. 132°C , т. самовоспл. 558°C . Раздражает кожу, вызывает дерматиты и хронич. поражение печени (гепатит). ПДК паров в атм. воздухе $0,5\text{ мг/м}^3$.

Смесь три- и тетрахлорнафталинов (галовакс), мол. м. 232–266; твердое в-во от светло-желтого до коричневого цвета; т. пл. $70-130^\circ\text{C}$ (в зависимости от содержания хлора, к-рое колеблется от 45 до 70%); т. кип. $250-370^\circ\text{C}$; плотн. $1,560-1,780\text{ г/см}^3$ ($15,5^\circ\text{C}$); n_D^{25} 1,68–1,75; температурный коэф. линейного расширения твердого в-ва ($0,8-0,005$) $\cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$. Р-римость при 20°C (%): в воде 0,002, в этаноле 0,6, бензине 7,0, скипидаре 8,0, бензоле 54.

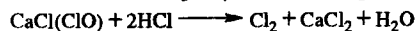
В пром-сти галовакс получают хлорированием расплавленного нафталина Cl_2 в присут. FeCl_3 .

Галовакс – флегматизатор, заменитель воска и смол при пропитке тканей, изоляции проводов, изготовлении конденсаторов, при прецизионном литье. Трудногорючий продукт; т. всп. $120-430^\circ\text{C}$. Вызывает гепатит, дерматиты, изменения липидно-жирового обмена. ПДК в атм. воздухе $0,5\text{ мг/м}^3$, в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования $0,01\text{ мг/л}$.

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опинова, М., 1978. Г. В. Мочарев.

ХЛО́РНАЯ ИЗВЕ́СТЬ (белильная известь), смесь $\text{CaCl}(\text{ClO})$, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, CaCl_2 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и более сложных соед. на их основе; белый порошок, иногда с желтоватым оттенком из-за примеси FeCl_3 , с сильным запахом хлора. Состав Х. и. зависит от условий ее получения и продолжительности хранения. Главная составная часть Х. и. – $\text{CaCl}(\text{ClO})$.

На воздухе при солнечном освещении Х. и. выделяет O_2 , при быстром нагревании выше 150°C разложение Х. и. может сопровождаться взрывом. Х. и. – сильный окислитель, превращает в щелочном р-ре PbO и MnO соотв. в PbO_2 и MnO_2 , при действии на нее HCl или H_2SO_4 выделяет Cl_2 :

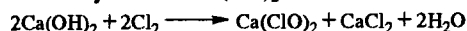


При обработке водой Х. и. дает обесмысленный осадок $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В воде гидролизуется с образованием HClO , к-рая придает ей сильные окислит. св-ва. При нагрев. суспензии Х. и. в воде в присут. оксидов Cu , Co или др. металлов выделяется O_2 :



Под воздействием влаги и CO_2 воздуха Х. и. постепенно превращается в смесь CaCl_2 и $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$.

Получают Х. и. хлорированием сухого $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (влаги не более 1%) во вращающихся барабанах или полочных камерах с мешалками. Хлорирование до конца никогда не протекает. Получаемая этим способом Х. и. содержит 28–36% «активного» хлора, т. е. хлора, выделяемого при действии на Х. и. соляной к-ты. При хранении Х. и. с каждым годом теряется 5–10% активного хлора. Х. и. повышенной устойчивости, с содержанием 45–70% активного хлора получают хлорированием при 30°C суспензии $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в небольшом кол-ве воды:



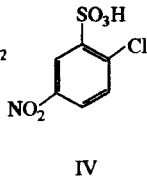
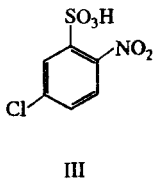
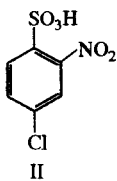
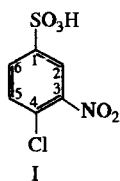
Применяют Х. и. для отбеливания тканей, целлюлозы, бумаги, для очистки нефтепродуктов, дезинфекции сточных вод, используют ее в синтезе хлороформа, в лаб. практике для получения Cl_2 .

Б. Д. Степин.

ХЛО́РНАЯ КИСЛО́ТА, см. Перхлораты.

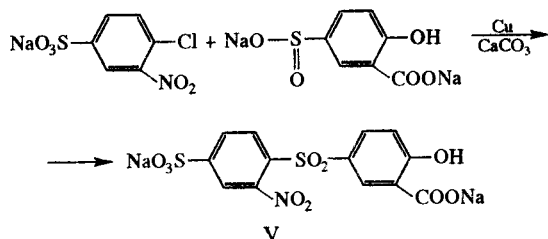
ХЛО́РНИТРОБЕНЗО́ЛСУ́ЛЬФОКИСЛО́ТЫ, мол. м. 237,62. Практич. значение имеют 3-нитро-4-хлор-, 2-нит-

ро-4-хлор-, 2-нитро-5-хлор- и 5-нитро-2-хлорбензолсульфокислоты (соотв. ф-лы I–IV).

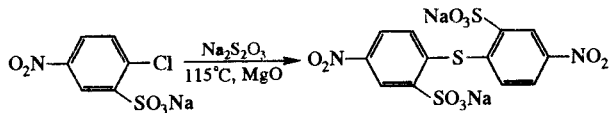


X. – бесцв., расплывающиеся на воздухе кристаллы. Соед. I не имеет четкой т-ры плавления, для его калиевой соли т. пл. 325–326 °C (с разл.); для II–IV т. пл. 114–115, 93 (моногидрат) и 169 °C (дигидрат), соотв. X. хорошо раств. в воде, хуже – в этаноле, CH_3COOH , не раств. в диэтиловом эфире и др. орг. р-рителях; р-римость катионных солей соед. I–III в 100 г воды при 25 °C соотв. 2,06, 0,86 и 1,59 г. Нагревание соед. IV выше 200 °C протекает со взрывом; присут. незначительных кол-в Se приводит к резкому снижению т-ры взрыва.

С щелочными, щел.-зем. и тяжелыми металлами X. образуют соли, с PCl_5 и HSO_3Cl – сульфохлориды, с сульфидными к-тами – сульфоны, напр. сульфон V, применяемый в произ-ве азокрасителей:



Соед. I и IV легко вступают в р-ции нуклеоф. замещения, напр. с NH_3 , аминами, анилином; так, взаимодей. IV с NH_3 при 120 °C и 0,6 МПа приводит к 2-амино-5-нитробензолсульфокислоте, взаимодей. с анилином при 100–150 °C в присут. MgO – к 2-анилино-5-нитробензолсульфокислоте. Атом хлора в X. при кипячении с водными р-рами NaOH легко замещается на группу OH с образованием нитрофенолсульфокислот, при взаимодей. с Na_2SO_3 – на сульфогруппу с образованием дисульфокислот; восстановление последних Fe в HCl приводит к аминобензодисульфокислотам. При действии на X. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ образуются производные дифенилсульфида, напр. динатриевая соль 4,4'-динитродифенил-2,2'-дисульфокислоты – важный полупродукт в синтезе азокрасителей:



В пром-сти соед. I и IV получают сульфированием соответствующего хлорнитробензола 65%-ным олеумом (без примеси Se) с послед. выделением сульфокислот в виде натриевых солей. Соед. II получают напр. бис-[2-нитро-4-хлорфенил]дисульфида с HNO_3 в разб. HCl , III – окислением 5,5'-дихлор-2,2'-динитродифенилсульфида дымящей HNO_3 или нитрованием *m*-хлорбензолсульфохлорида с послед. гидролизом.

X. – промежут. продукты в произ-ве азокрасителей.

Лит.: Ворожцов Н. Н., Основы синтеза промежуточных полупродуктов и красителей, 4 изд., М., 1955; Ullmanns Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 17, Weinheim, 1979, S. 405–408.

С. И. Диденко.

ХЛОРОВАТАЯ КИСЛОТА, см. Хлораты.

ХЛОРОВАТИСТАЯ КИСЛОТА, см. Гипохлориты.

ХЛОРОПРЕН (2-хлор-1,3-бутадиен), $\text{CH}_2=\text{CClCH}=\text{CH}_2$, мол. м. 88,536; бесцв. летучая подвижная жидкость с характерным эфирным запахом; т. пл. –130,0 °C; т. кип. 59,4 °C; d_4^{20} 0,9565 г/см³; n_D^{20} 1,4583; $p_{\text{крит}}$ 4,26 МПа, $t_{\text{крит}}$ 251,85 °C, $d_{\text{крит}}$

569

0,324 г/см³; η 0,408 мПа·с (20 °C); γ 24,1031 мН/м (20 °C); давление пара 0,3144 МПа (100 °C); C_p [кДж/(кг·K)] жидкости 1,297 (20 °C), газа 1,0383 (100 °C); $\Delta H_{\text{исп}}$ (кДж/кг) 345,81 (0 °C), 314,74 (60 °C); $\Delta H_{\text{гор}}^0$ –2222,1 кДж/моль; $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –73,011 кДж/моль; S_{298}^0 320,58 Дж/(моль·K), коэф. теплопроводности 0,13495 Вт/(м·K) (20 °C); ϵ 4,9. Молекула X. имеет плоскую трансoidную конфигурацию. X. плохо раств. в воде (<1% по массе), смешивается с этанолом, бензолом и др. орг. р-рителями.

X. обладает хим. св-вами диеновых углеводородов. Наличие атома Cl и системы сопряженных двойных связей значительно повышает активность X. в радикальных р-циях и ослабляет в ионных р-циях и диеновом синтезе. Атом Cl химически мало активен. Полимеризация X. протекает по радикальному механизму легче бутадиена и изопрена. При комнатной т-ре X. полимеризуется спонтанно с образованием каучукоподобного и губчатого полимеров; образование первого ингибируется фенолгидразином, *n*-трет-бутилпирокатахином, пикриновой к-той, образование второго – NO и N-нитрозодифениламином. Продолжит. хранение в присут. ингибиторов приводит к циклич. димерам; последние перегруппировываются в продукты более сложного состава. X. легко автоокисляется с образованием пероксидов, разлагаемых щелочами (ингибиторы – фенолы, гидрохинон, аминфенолы); присоединяет по двойным связям галогены, галогеноводороды и др. обычно в положения 1,4:

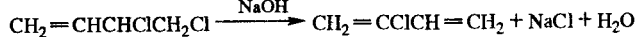
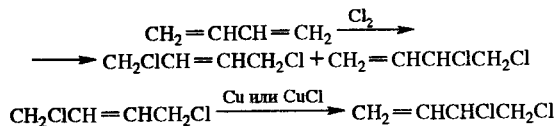


HBrO присоединяется в положения 3,4:



С серой X. образует 3-хлортиофен, с этиленом (под давлением) – 1-хлор-1-циклогексен, с малеиновым ангидридом – продукт присоединения, к-рый после гидролиза дает 4-хлор-1,2,3,6-тетрагидрофталевую к-ту (т. пл. 173–175 °C). Последняя р-ция может служить для идентификации X.

В пром-сти X. получают из бутадиена или ацетилена. Получение из бутадиена осуществляют в 3 стадии:



Хлорирование проводят в паровой фазе при 290–330 °C (при строго ограниченном содержании O_2 и влаги); конверсия бутадиена обычно 10–25%, выход дихлорбутенов 85–95%, соотношение 3,4-дихлор-1-бутена и 1,4-дихлор-2-бутена (30–40): (60–70); изомеризацию 1,4-дихлор-2-бутена осуществляют в жидкой фазе при 100 °C под вакуумом в присут. Cu и CuCl или нафтената Cu (с содержанием металлич. Cu ок. 5%); дегидрогалогенирование 3,4-дихлор-1-бутена – водным р-ром 5–15%-ной щелочи при 80–110 °C и давлении 0,25 МПа. Выход X. более 95%, чистота 98,5%.

Получение X. из ацетилена включает 2 стадии:

1) димеризацию ацетилена в винилацетилен в присут. солянокислого р-ра CuCl и NH_4Cl при 65–85 °C и 0,15 МПа (конверсия ацетилена 13–20%, выход винилацетилена на прореагировавший ацетилен 85–90%); 2) гидрохлорирование винилацетилена в присут. CuCl и FeCl_2 в конц. HCl при 40–50 °C (конверсия 15–25%, выход X. на прореагировавший винилацетилен 90–96%, чистота 99,95%).

X. – мономер для произ-ва хлоропреновых каучуков.

Пары X. в небольших концентрациях раздражают слизистую оболочку глаз, при больших концентрациях обладают общетоксич. действием. Длит. действие небольших количеств X. оказывает мутагенное, эмбриотоксич. и тератогенное действие, увеличивает частоту опухолевых заболеваний.

570

Х. — пожаро- и взрывоопасен. Т. всп. -20°C , т. самовоспл. 421°C , КПВ в смеси с воздухом 1,2–20% (по объему). ПДК в атм. воздухе 0,002 мг/м³, в воде 0,01 мг/л.

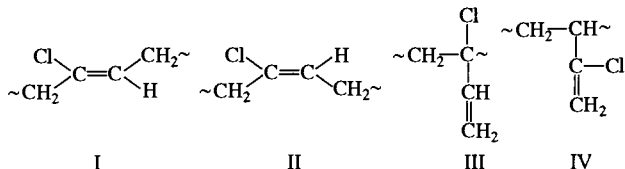
Х. хранят и транспортируют в жидком виде в охлаждаемых емкостях при t -рах ниже 0°C в присут. ингибиторов (*n*-трет-бутилпирокатехин или др.).

Мировое произ-во Х. св. 500 тыс. т в год (1993).

Лит.: Кирпичников П.А., Береснев В.В., Попова Л.М., Альбом технологических схем основных производств промышленности синтетического каучука, 2 изд., Л., 1986; Башкатов Т.В., Жигалин Я.Л., Технология синтетических каучуков, 2 изд., Л., 1987; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 5, N. Y., 1979, p. 773–85; Daubert T.E., Danner R.P., Data compilation tables of properties of pure compounds, pt 2, N. Y., 1985. Ф. Е. Куперман.

ХЛОРОПРЕНОВЫЕ КАУЧУКИ (полихлорпрены, наириты, неопрены, байпрены, бутахлоры, скайпрены), продукты гомо- и сополимеризации хлоропрена. Выпускают гл. обр. высокомолекулярные гомополимеры хлоропрена и его сополимеры с 3–10% дихлорбутадиена.

Структура и свойства каучуков. Звенья хлоропрена в макромолекуле Х. к. имеют конфигурации 1,4-*транс* (ф-ла I, 88–92%), 1,4-*цис* (II, 7–12%), 1,2 (III, 4,5%) и 3,4 (IV, 1%).



Вследствие регулярности строения Х. к. склонны к кристаллизации (сополимеры менее склонны, чем гомополимеры). Среднемассовая мол. м. (M_w) 100–500 тыс.; индекс полидисперсности $M_w/M_n = 1,5–3,0$ (M_n — среднечисловая мол. м.); плотн. 1,20–1,15 г/см³ (25°C), т. стекл. от -40 до -43°C ; $\Delta H_{пл}$ 8,4 кДж/моль; плотн. энергии когезии 342–390 МДж/м³. Раств. в CHCl_3 , кетонах, этилацетате, смесях р-рителей (напр., метилэтилкетон-толуол), набухают в алифатич. углеводородах.

Х. к. достаточно стойки к воздействию O_2 , солнечного света, с O_3 образуют полимерные пероксиды, под действием ионизирующих излучений структурируются. При нагр. до 170°C интенсивно выделяют HCl . Стабилизируют Х. к. антиоксидантами аминного или фенольного типа (1–3% от массы каучука).

Получение каучуков. Осн. способ — эмульсионная полимеризация в водной фазе при 40°C , протекающая по радикальному механизму. Эмульгаторы — алкилсульфонаты или канифольные мыла, регуляторы мол. м. — S, тиурамдисульфиды, тиолы (меркаптаны). Инициатор полимеризации гл. обр. $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$. Макромолекулы Х. к., получаемого в присут. серы, имеют строение $[-\text{CH}_2\text{C}(\text{Cl})=\text{CHCH}_2-\text{S}_x-\text{CH}_2\text{C}(\text{Cl})=\text{CHCH}_2-]_n$, где $n = 100–1000$, $x = 2–8$. При достижении необходимой степени превращения мономеров (65–75%) в латекс вводят эмульсии или р-ры тиурамдисульфидов (напр., тетраэтилтиурамдисульфида) и антиоксиданта и выдерживают неск. часов при 25°C для созревания латекса. При получении Х. к., регулированных тиолами (напр., трет-додецилтиолом), в латекс добавляют только антиоксидант; стадия созревания в этом случае исключается. После отгонки непрореагировавших мономеров каучук коагулируют вымораживанием на барабанах, промывают водой и сушат.

Цвет Х. к. от светло-янтарного до темно-желтого, содержание примесей (остатков эмульгаторов, влаги и др.) до 5% по массе; осн. форма выпуска — гранулы. Производят также жидкие Х. к. и латексы (см. Латексы синтетические).

Технологические характеристики каучуков. Вязкость Х. к. по Муни (100°C) может достигать 35–75 и более. Перерабатывают Х. к. на обычном оборудовании резиновых заводов (валяках, смесителях, каландрах, экструдерах); изделия вулканизуют при $140–160^{\circ}\text{C}$ в прессах, котлах и др. Х. к. технологически совместимы с др. каучуками, напр. бутадиен-нитрильными, бутадиен-стирольными, бутадиеновыми,

изопреновыми, НК, а также с реакто- и термопластами. Перед изготовлением резиновых смесей гомополимеры хлоропрена декристаллизуют в распорочных камерах при $60–70^{\circ}\text{C}$ в течение 4–6 ч или пластицируют. Для вулканизации Х. к. применяют гл. обр. ZnO (2–5 мас. ч.), MgO (2–10 мас. ч.), ускоритель вулканизации — 2-меркаптоимидазолин; для Х. к. меркаптанового регулирования — смесь серы, дифенилгуанидина и тетраметилтиурамдисульфида. Наполнители резиновых смесей — техн. углерод (сажа), мел, каолин и др., пластификаторы — гл. обр. сложные эфиры (фталаты, себацаты), а также канифоль, кумароно-инденные и феноло-формальдегидные смолы. Общее содержание ингредиентов 50–150 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука.

Свойства вулканизатов. Св-ва резин на основе Х. к. определяются способом регулирования мол. м. (табл.). Резины на основе Х. к. масло-, бензо-, озоно-, свето-, тепло- и огнестойки, сравнительно стойки в нек-рых к-тах (H_3BO_3 , HCl , разб. H_2SO_4), щелочах; под действием HNO_3 , конц. H_2SO_4 , CS_2 , SO_3 , H_2O_2 разрушаются. Пригодны для эксплуатации при t -рах от -40 до 110°C , кратковременно до 140°C .

СВОЙСТВА РЕЗИН НА ОСНОВЕ ХЛОРОПРЕНОВЫХ КАУЧУКОВ*

Показатель	Ненаполненные резины Наполненные резины**			
	регулятор		регулятор	
	сера	тиол***	сера	тиол***
Напряжение при удлинении 300%, МПа	1,0–1,5	1,9–2,3	8,5–9,5	17–18
$\sigma_{раст}$, МПа	24–28	21–23	15–17	19–22
Относит. удлинение, %	880–1100	780–900	450–550	450–550
Сопротивление раздиру, кН/м (20°C)	30–45	25–35	55–70	55–65
Эластичность по отскоку, %	40–42	40–42	32–35	38–40
Твердость по Шору А	45–50	37–42	63–70	60–65
Т-ра хрупкости, $^{\circ}\text{C}$	–37	–37	–37	–37
Остаточная деформация при сжатии на 20% (120°C , 100°C), %	80–90	35–40	80–85	45–53
Коэф. теплового старения (120°C , 100°C)				
по $\sigma_{раст}$	0,80–0,85	0,85–0,92	0,90–0,95	0,90–0,94
по относит. удлинению	0,72–0,78	0,78–0,86	0,73–0,77	0,78–0,86
Изменение массы при набухании в смеси изоктан: толуол (7:3 по объему) в течение 24 ч, %	50–50	50–60	35–40	35–40

*Состав смеси (мас. ч.): каучук — 100; ZnO 0–7; MgO — 5; вулканизация 30 мин при 143°C . **Наполнитель — техн. углерод (40 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука). ***Ускорители (мас. ч.): сера — 1,0; дифенилгуанидин — 1,0; тетраметилтиурамдисульфид — 1,0 на 100 мас. ч. каучука.

Газопроницаемость резин из Х. к. ниже, чем резин из неполярных каучуков (изопреновых, бутадиеновых); коэф. газопроницаемости разл. газов [$\text{м}^2/(\text{Па} \cdot \text{с})$; 60°C] для ненаполненных резин составляет соотв. $30,6 \cdot 10^{-18}$ (O_2); $12,2 \cdot 10^{-18}$ (N_2); $256 \cdot 10^{-18}$ (CO_2); $133 \cdot 10^{-18}$ (H_2); $214 \cdot 10^{-18}$ (He). Коэф. объемного расширения резин из Х. к. $6 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$; коэф. теплопроводности 0,19 Вт/(м·К), уд. теплоемкость 2,18 кДж/(кг·К), электрич. проводимость ρ $4,4 \cdot 10^{-10}–6 \cdot 10^{-12}$ Ом·см. Х. к. и резины на их основе не поддерживают горения.

Применение каучуков. Х. к. используют в произ-ве разнообразных изделий и деталей, эксплуатируемых в контакте с агрессивными средами, напр. уплотнителей, шлангов, рукавов, ремней, прорезиненных тканей, защитных оболочек кабелей, как основу адгезивов; жидкие Х. к. — для получения антикоррозионных покрытий, как пластификаторы.

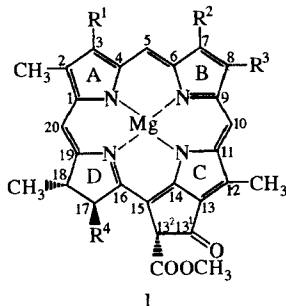
Объем мирового произ-ва св. 330 тыс. т в год (1989).

Лит.: Захаров Н.Д., Хлоропреновые каучуки и резины на их основе, М., 1978; Синтетический каучук, под ред. И.В. Гармонова, 2 изд., Л., 1983, с. 310–27; Свойства и применение новых марок хлоропреновых каучуков. Тематич. обзор, М., 1986. Г. А. Лысова.

ХЛОРОФЛЛЫ (от греч. chlorós — зеленый и phýllon — лист), прир. макрогетероциклич. пигменты, участвующие в процессе фотосинтеза; относятся к металлопорфиринам (см. Порфирины).

Зеленая окраска растений обусловлена присутствием X., локализованных во внутриклеточных органеллах (хлоропластах или хромофорах) в виде пептидных комплексов.

Формально X. представляют собой производные порфина, молекулы к-рых содержат циклопентановое кольцо, конденсированное с порфириновым макроциклом, центральный атом Mg и разл. заместители; одно или два пиррольных цикла в молекулах частично гидрированы, см., напр., ф-лу I. В пиррольном кольце D молекул X. к остатку пропионовой к-ты обычно присоединены остатки высокомогл. изопреноидных спиртов, к-рые придают X. способность встраиваться в липидные слои мембран хлоропластов. Для X., как и для порфиринов, используется номенклатура ИЮПАК или Фишера.



I

Хлорофилл *a*: $R^1 = \text{CH}=\text{CH}_2$, $R^2 = \text{CH}_3$, $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$,
 $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$

Хлорофилл *b*: $R^1 = \text{CH}=\text{CH}_2$, $R^2 = \text{CHO}$, $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$,
 $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$

Хлорофилл *d*: $R^1 = \text{CHO}$, $R^2 = \text{CH}_3$, $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$, $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$

Из высших растений, водорослей и фотосинтезирующих бактерий выделено и структурно охарактеризовано св. 50 разл. X. Осн. пигменты высших растений и зеленых водорослей – X. *a* и *b*. Основа этих X. – дигидропорфириновый (хлороиновый) цикл, содержащий в качестве эфирных групп (Y) остаток спирта фитола $(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{OH}$.

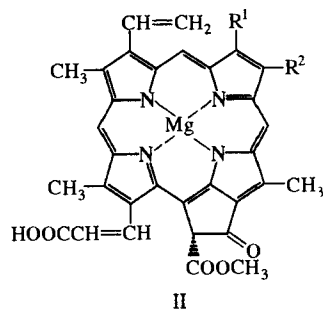
При общем содержании X. 0,7–1,1 г на 1 кг зеленой массы растений соотношение X. *a* и *b* обычно составляет 3:1 (в зависимости от освещенности, наличия удобрения и др. факторов может колебаться от 2:1 до 3,4:1, что используется для контроля за развитием растений). X. *a* и *b* выделяют гл. обр. из листьев крапивы и шпината (разделяют эти X. хроматографически), X. *a* – также из синезеленых микроводорослей, не содержащих X. *b*.

Близок по структуре к X. *a* его (S)-эпимер по атому C-13² – прир. пигмент X. *a'*, также участвующий в фотосинтезе. Замена этильной группы в положении 8 в X. *a* и *b* на винильную приводит к 8-винилхлорофиллам *a* и *b*, обнаруженным в листьях огуречной рассады; участие этих X. в фотосинтезе пока не доказано.

Из бурых и диатомовых водорослей выделены X. *a* и *c*, из красных морских водорослей – X. *a* и *d*.

X. группы *c* (*c*₁, *c*₂ и *c*₃, ф-ла II) в отличие от др. X. содержат негидрированный порфириновый макроцикл и остаток неэтерифицированной акриловой к-ты. Находясь в морских водорослях в виде белковых комплексов, X. этой группы выполняют в фотосинтезе роль светособирающих антенн.

В большинстве фотосинтезирующих бактерий обнаружены бактериохлорофиллы (BX), отличающиеся от X. *a* типом макроцикла и замещающими группами в цикле. Они имеют несколько модификаций: так, из пурпурных бактерий выделены BX *a* и *b*, из зеленых бактерий – BX *a*, *c*, *d* и *e*, из серных бактерий – BX *c*, *d* и *e*; обнаружены также фотосинтезирующие бактерии, содержащие BX *g*.



II

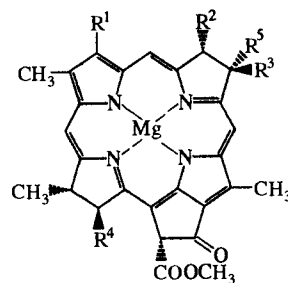
Хлорофилл *c*₁: $R^1 = \text{CH}_3$, $R^2 = \text{C}_2\text{H}_5$

Хлорофилл *c*₂: $R^1 = \text{CH}_3$, $R^2 = \text{CH}=\text{CH}_2$

Хлорофилл *c*₃: $R^1 = \text{COOCH}_3$, $R^2 = \text{CH}=\text{CH}_2$

В основе BX *a*, *b* и *g* (т. наз. собственно BX; ф-ла III) лежит тетрагидропорфириновый макроцикл, содержащий в качестве эфирных групп (Y) остатки фитола, геранилгераниола $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{OH}$ и 2,10-фитадиенола $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{OH}$ – для BX *a* и *b*; BX *g* содержит остатки фарнезола

$(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{OH}$ и геранилгераниола. При выделении из ацетона или метанола (особенно в присут. оснований) BX *a* и *b* эпимеризуются по атому C-13² с образованием эпимеров BX *a'* и *b'*.



III

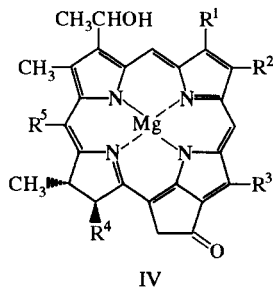
Бактериохлорофилл *a*: $R^1 = \text{COCH}_3$, $R^2 = \text{CH}_3$, $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$,
 $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$, $R^5 = \text{H}$

Бактериохлорофилл *b*: $R^1 = \text{COCH}_3$, $R^2 = \text{CH}_3$,
 $R^3 + R^5 = (= \text{CHCH}_3)$, $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$

Бактериохлорофилл *g*: $R^1 = \text{CH}=\text{CH}_2$, $R^2 = \text{CH}_3$,
 $R^3 + R^5 = (= \text{CHCH}_3)$, $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$

Для BX *c*, *d* и *e* (ф-ла IV), первоначально называемых хлоробим-хлорофиллами, характерно наличие дигидропорфиринового макроцикла, α-гидроксиэтильной группы в положении 3 и разл. алкильных (от C₁ до C₃) заместителей в положении 8; эфирные группы (Y) – остатки 2,6-фитадиенола $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{OH}$ и 2,16,20-фитатриенола $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{OH}$.

X. – высокоплавкие интенсивно окрашенные кристаллы от зеленого до темно-красного и черного цветов; т. пл. X. *a* 117–121 °C, X. *b* – 124–125 °C; т. разл. многих X. более 300 °C. X. хорошо раств. гл. обр. в полярных орг. р-рителях (ДМСО, ДМФА, ацетон, спирты, диэтиловый эфир), плохо – в петролейном эфире, не раств. в воде. В УФ спектрах для многих X. характерно наличие λ_{макс} 400–430 (т. наз. полоса Core); полные УФ спектры представлены в табл.



Бактериохлорофилл *c*: $R^1 = \text{CH}_3$, $R^2 = \text{C}_2\text{H}_5$, $R^3 = \text{CH}_3$,
 $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$, $R^5 = \text{CH}_3$

Бактериохлорофилл *d*: $R^1 = \text{CH}_3$, $R^2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{-C}_5\text{H}_{11}$, $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$,
 $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$, $R^5 = \text{H}$

Бактериохлорофилл *e*: $R^1 = \text{CHO}$, $R^2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{-C}_5\text{H}_{11}$, $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$,
 $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$, $R^5 = \text{CH}_3$

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЛОРОФИЛЛОВ И БАКТЕРИОХЛОРОФИЛЛОВ

Пигмент	Природный источник	Электронный спектр, $\lambda_{\text{макс}}$, нм ($\epsilon \cdot 10^{-3}$ или отношение интенсивностей к основному пику)
Хлорофилл <i>a</i>	Все аэробные организмы	662(90), 516(15), 578(8), 534(4), 430(118), 410(76)
Хлорофилл <i>b</i>	Зеленые растения, водоросли	644(56), 595(12), 549(6), 455(159), 430(57)
Хлорофилл <i>c</i> ₁	Бурые водоросли	628(1,0)*, 578(0,6), 444(9,9)
Хлорофилл <i>c</i> ₂	Бурые водоросли	629(1,0)*, 582(1,2), 448(14,1)
Хлорофилл <i>c</i> ₃	Бурые водоросли	626(1,0)*, 585(3,8), 451(32,1)
Хлорофилл <i>d</i>	Хлорелла	—
Бактериохлорофилл <i>a</i>	Пурпурные бактерии	773(91), 697(9), 577(21), 530(3), 391(48), 358(73)
Бактериохлорофилл <i>b</i>	Пурпурные бактерии	794(100), 676(18), 578(25), 408(78), 368(81)
Бактериохлорофилл <i>g</i>	Азотфиксирующие бактерии	763(1,0)*, 575(0,4), 470(0,5), 418(1,9), 408(2,0)
Бактериохлорофилл <i>c</i>	Зеленые и бурые бактерии	668(64), 624(14), 574(11), 431(100), 384(65), 356(56)
Бактериохлорофилл <i>d</i>	Зеленые и бурые бактерии	654(61), 608(17), 424(100), 408(87), 330(45)
Бактериохлорофилл <i>e</i>	Зеленые и бурые бактерии	647(34), 592(19), 458(100), 337(48)

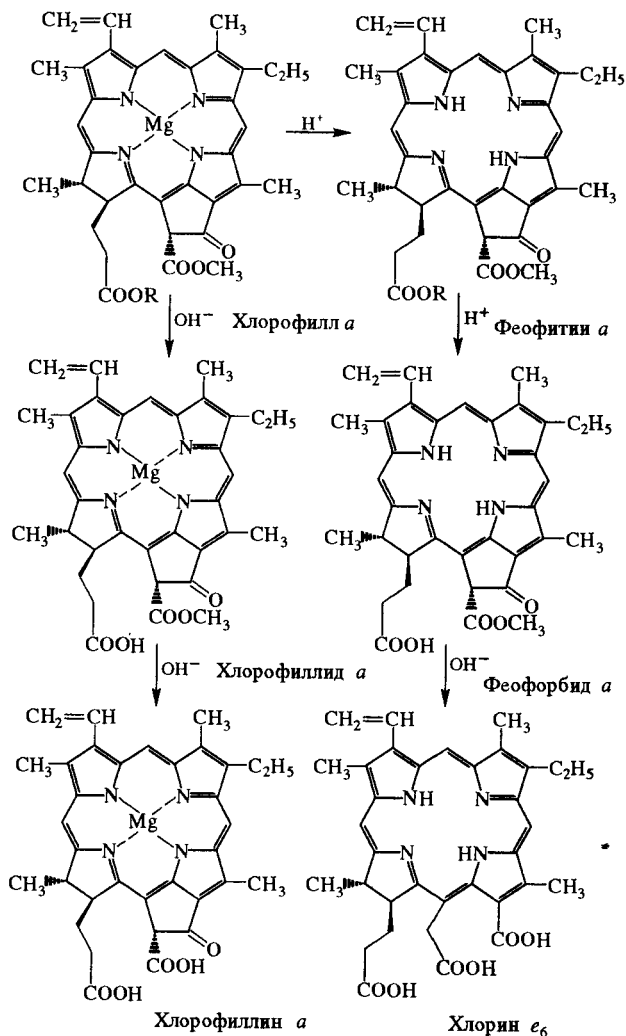
* В скобках даны интенсивности, выраженные относительно пика в красной области, принятого за единицу.

Под действием к-т и оснований Х. легко подвергаются структурным изменениям. Так, обработка слабыми р-рами к-т приводит к удалению центрального иона Mg с образованием феофитинов. Конц. HCl, наряду с Mg, отщепляет фитол с образованием феофорбидов; раскрытие циклопентанового кольца под действием конц. щелочи приводит к хлоринам. При обработке слабыми щелочами Х. постепенно теряют сложэфирные группы, сохраняя центральный ион металла; при этом образуются хлорофиллиды и хлорофиллины. Аналогичные превращения претерпевают также и бактериохлорофиллы.

Вышеописанные р-ции на примере Х. *a* приведены на схеме 1.

Осн. пути биосинтеза Х.: конденсация двух молекул δ -аминолевулиновой к-ты с образованием порфобилиногена (ф-ла V), к-рый в результате ряда ферментативных превращений дает протопорфирин (VI). Из последнего образуется непосредственный предшественник Х.- хлорофиллид, содержащий атом Mg. Путем последующих р-ций восстановления и присоединения остатков спиртов из него образуется Х. Стадия восстановления хлорофиллида осу-

Схема 1



ществляется у высших растений на свету, у низших – в темноте.

Синтез Х. *a* – одно из замечательных достижений в области орг. химии. Полный синтез включает 46 стадий. Его осн. этапы представлены схемами 2, 3. Первый этап заключается в последоват. синтезе порфирина VII из четырех пирролов – предшественников колец А–D молекулы Х. через два дипирролилметана (схема 2). Второго этап – превращение порфирина VII в триметилловый эфир хлорина e_6 (VIII) с *транс*-кон-

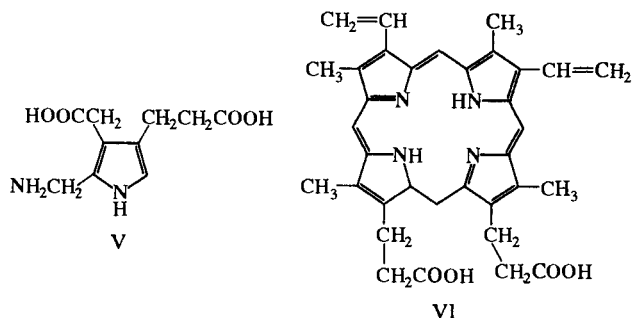


Схема 2

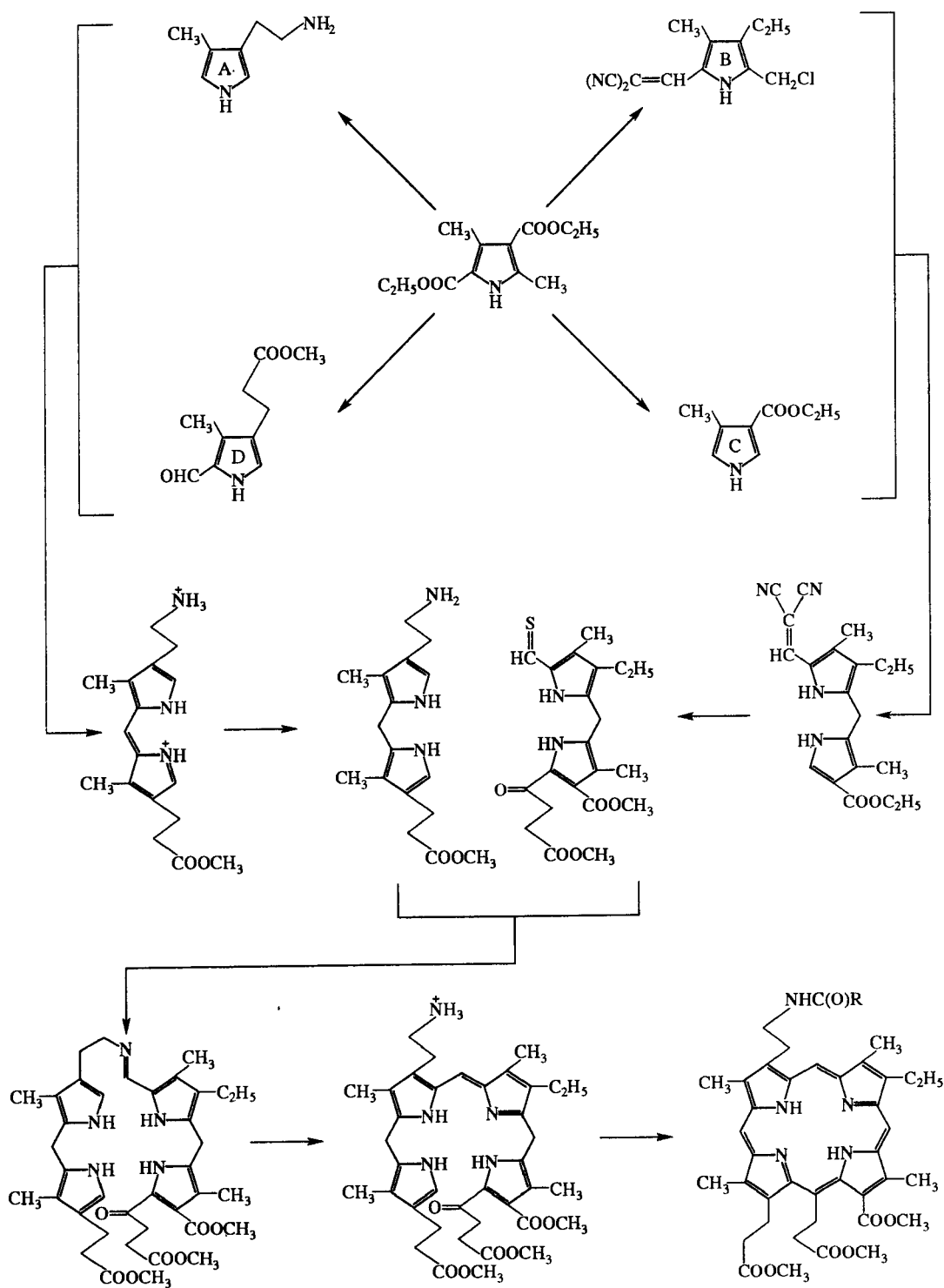
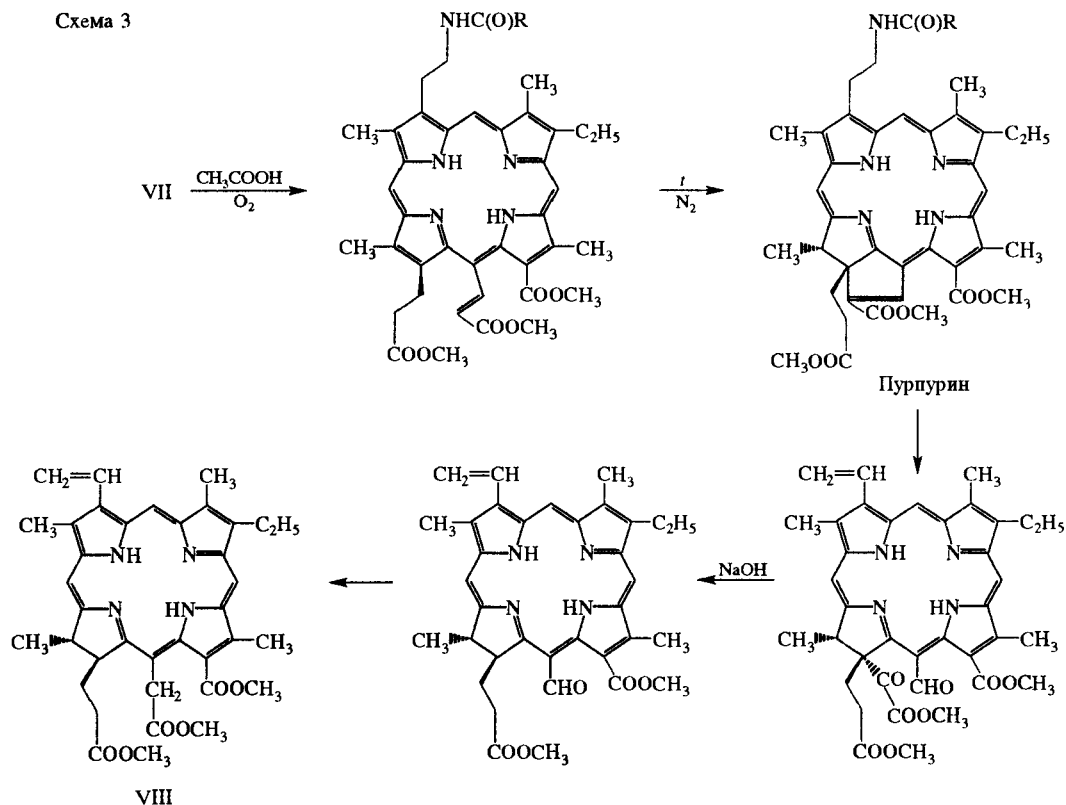


Схема 3



фигурацией при атомах С-17 и С-18 (т. наз. пурпуриновая р-ция; схема 3), послед. циклизация к-рого приводит к X. а. Полный синтез X. а осуществил Р. Вудворд в 1960.

Лит.: Итоги науки и техники, сер. Современные проблемы лазерной физики, т. 3, М., 1990; Дайзенхофер И., Михель Х., Фотосинтетический реакционный центр пурпурной бактерии, пер. с нем., М., 1990; Woodward R.B., «Pure Appl. Chem.», 1960, № 2, р. 383; Woodward R.B. [a.o.], «Tetrahedron», 1990, v. 46, № 22, р. 7599–7659; Chlorophylls, ed. by H. Scheer, L., 1991; см. также лит. при ст. Порфирины. А. Ф. Миронов.

ХЛОРОФОРМ (трихлорметан, фреон 20, хладон 20) CHCl_3 , мол. м. 119,38; бесцв. жидкость со сладковатым запахом; т. пл. $-63,5^\circ\text{C}$, т. кип. $61,1^\circ\text{C}$; d_4^{20} 1,4832; плотн. по воздуху 4,1; n_D^{20} 1,4459; длины связей 0,1073 нм (С—Н), 0,1767 нм (С—С); энергии связей 389,11 (С—Н) и 298,74 кДж/моль (С—С); μ $3,17 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; η (мПа·с) жидкости 1,150 (-40°C), 0,567 (20°C), 0,409 (60°C), η пара 10,0 (20°C), 12,5 (100°C), 22,1 (400°C); γ (мН/м) 38,1 (-60°C), 27,1 (20°C), 17,0 (100°C), 0 (260°C); $t_{\text{кри}}$ $263,4^\circ\text{C}$, $p_{\text{кри}}$ 5,35 МПа, $d_{\text{кри}}$ 0,5 г/см³; давление пара (кПа) 0,11 (-60°C), 2,48 (-20°C), 8,0 (0°C), 20,7 (20°C), 311 (100°C), 1656 (180°C), 5001 (254°C); C_p [кДж/(кг·К)] жидкости 0,808 (-60°C), 0,950 (20°C), 1,051 (100°C), пара 0,519 (0°C), 0,607 (100°C), 0,762 (500°C); $\Delta H_{\text{исп}}^0$ (кДж/кг) 267,9 (20°C), 228,6 (100°C), 134,8 (220°C); $\Delta H_{\text{обр}}^0$ $-100,48$ кДж/моль; S_{298}^0 295,84 Дж/(моль·К); коэф. теплопроводности [Вт/(м·К)] жидкости 0,1187 (20°C), 0,0967 (100°C), пара 0,00976 (100°C), 0,01824 (300°C); ϵ жидкости 4,796 (20°C), пара 1,0087 (100°C). Хорошо раств. в орг. р-рителях; р-римость в воде (% по массе) 0,482 (15°C), 0,130 (60°C), р-римость воды в X. 0,006 (-25°C), 0,065 (22°C), 0,166 (51°C); образует азеотропную смесь с водой (т. кип. $56,2^\circ\text{C}$, 97,4% X.).

X. реагирует с хлором в жидкой фазе в присут. инициаторов или в паровой фазе (катализатор — активир. уголь) с образованием CCl_4 . С бромом при 250°C дает бромхлорметаны, с HF в присут. SbCl_5 — трифторметан. При нагр. с водой разлагается до HCOOH , CO и HCl. С разбавл. р-рами NaOH

или KOH образуется HCOONa (или HCOOK), при действии концентр. щелочей разлагается до хлоридов металлов и CO. В присут. металлов VIII гр. гидрируется до метана. На свету медленно окисляется кислородом воздуха: $3\text{CHCl}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow \text{COCl}_2 + 3\text{Cl}_2 + 2\text{CO}_2 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$.

При действии на X. NH_3 и KOH образуются KCN и KCl. В присут. гидроксидов щелочных металлов X. конденсируется с ацетоном, образуя трихлорбутанол. В присут. AlCl_3 вступает в р-цию Фриделя — Крафта с ароматич. соед. С фенолами в щелочных р-рах образует ароматич. α -гидроксиальдегиды (Раймера — Тимана реакция). В газовой фазе реагирует с NO_2 по схеме: $\text{CHCl}_3 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{COCl}_2 + \text{NO} + \text{HCl}$; при т-ре выше 450°C пиролизует с образованием тетрахлорэтилена и HCl. При сольволизе (в присут. оснований) или термоллизе образует дихлоркарбены (см. Карбены).

X. получают совместно с метилхлоридом хлорированием метана в паровой фазе при $510-520^\circ\text{C}$ и соотношении метан: хлор (4–5):1. Непрореагировавший метан и образовавшийся CH_2Cl_2 после отмычки от HCl, осушки, нейтрализации и компримирования реакц. газа возвращаются в реактор. X., выделяемый ректификацией, имеет чистоту не менее 99,96%.

X. получают также газофазным хлорированием CH_2Cl_2 в объеме или в присут. катализатора (Al_2O_3 , песок и др.) либо жидкофазным хлорированием при $80-90^\circ\text{C}$ и давлении до 1 МПа в присут. N_2 , N_2 -азо-бис-изобутиронитрила. X. может быть получен (совместно с CH_2Cl_2 и CCl_4) окислит. хлорированием метана при $350-400^\circ\text{C}$ в присут. $\text{CuCl}_2 + \text{KCl}$, нанесенных на носитель (корунд, силикагель и др.), взаимодей. хлораля или гексахлорацетона с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (метод потерь пром. значение из-за относительно высокой стоимости сырья и образования большого кол-ва отходов).

Используют X. гл. обр. для произ-ва хладона 22, а также как р-ритель, хладагент, в синтезе лек. препаратов. Ранее применялся в медицине как средство для наркоза.

Х. – негорюч; оказывает токсич. действие на внутр. органы, особенно на печень. ПДК в воздухе рабочей зоны 20 мг/м³. Производство Х. в США 238 тыс. т в год (1988).

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опшина, М., 1978, с. 26–35. Ю. А. Треггер.

ХЛОРПАРАФИНЫ, техн. продукты общей ф-лы $C_nH_{2n-1}Cl_m$ ($n = 10–30$, $m = 1–24$). Различают жидкие Х. (до 50% хлора по массе) и твердые Х. (70–72% хлора). Жидкие Х. – вязкие медообразные бесцв. либо светло-желтые в-ва без запаха; твердый Х. – порошкообразное в-во, бесцв. или кремового цвета, без запаха. Св-ва нек-рых техн. продуктов приведены в табл.

СВОЙСТВА ХЛОРПАРАФИНОВ

Показатель	Торговое название в России				
	ХП-13	ХП-418	ХП-600	ХП-470	ХП-1100
Содержание хлора, % по массе	12–14	40,5 ± 1,5	42,0 ± 2,0	47,0 ± 2,0	70–72
Т. заст., °C	33–38	–30 (–33)	–8 (–12)	–12 (–25)	70–76
d_4^{20}	0,900–0,920*	1,130–1,160	1,140–1,200	1,185–1,295	1,00
n_D^{20}	1,460–1,462*	1,492–1,496	1,505–1,510	1,502–1,510	1,550*
Давление пара, мПа (65 °C)	—	26,66	26,66	26,66	—
η , мПа·с (25 °C)	—	200–300	2500–3000	1500–5000	—
η , мПа·с (50 °C)	14–16	30–40	200–1000	100–500	—
C_p^0 , кДж/(кг·К) (40 °C)	—	—	1,617	1,205	—
Коэф. теплопроводности, Вт/(м·К) (40 °C)	—	—	0,130	0,117	—
Т. всп., °C	170	270**	270	270	360

*При 90 °C. **Т. самовоспл. 357 °C.

Х. не раств. в воде; жидкие Х. хорошо раств. в минеральных и смазочных маслах, хлорорг. р-рителях, эфирах, кетонах и др., ограниченно раств. в спиртах, совмещаются с каучуками, полиэфирными и разл. алкидными смолами; твердый Х. ограниченно раств. в ацетоне и бензоле.

При т-ре выше 150 °C или при кипячении со спиртовыми р-рами щелочей Х. дегидрохлорируются с образованием высших хлоролефинов; в присут. воды гидролизуются.

Жидкие Х. получают по периодич. схеме хлорированием расплавленного парафина при 90–120 °C; после охлаждения до 60–70 °C и отдувки р-ренных Cl_2 и HCl добавляют стабилизатор, как правило, на основе эпоксидных соед. Твердый Х. получают хлорированием 20%-ной смеси парафина с CCl_4 при 70–75 °C в присут. инициатора (порофора); после отгонки части CCl_4 в 50%-ный раствор Х. добавляют стабилизатор и выделяют продукт осаждением из воды либо в пленочном испарителе.

Жидкие Х. используют в качестве пластификаторов в полимерных композициях (ПВХ и др.), для изготовления смазок, для пропитки тканей, бумаги, полимерных пленок с целью придания огнебезопасных и гидрофобных свойств, для произ-ва химических стойких, водостойких и огнезащитных красок и т.д. Твердый Х. – антипирен – применяют для повышения огнестойкости пластмасс (полистирола, полиэтилена, полиакрилатов и др.) и каучуков.

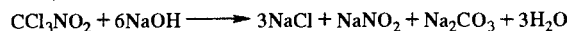
Х. – трудногорючие в-ва, невзрывоопасны и нетоксичны. Мировое произ-во ок. 200 тыс. т в год (1988).

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опшина, М., 1978, с. 545–55. Ю. А. Треггер.

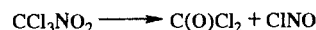
ХЛОРПИКРИН (нитротрихлорметан), CCl_3NO_2 , мол. м. 164,38; бесцв. жидкость с резким запахом; т. пл. –69,2 °C, т. кип. 113 °C; d_4^{20} 1,6579; плохо раств. в воде (0,18% при 20 °C), смешивается с большинством орг. р-рителей; летучесть 164,36 мг/л (20 °C).

Для Х. характерны р-ции обмена атомов Cl и нитрогруппы на др. заместители и р-ции восстановления; под действием света Х. приобретает желто-зеленую окраску. Практически

не гидролизуются, разлагается лишь при нагр. в спиртовых р-рах щелочей:



При нагр. до 400–500 °C Х. разлагается с выделением фосгена:



Для уничтожения Х. наиб. пригоден Na_2S в водных (с добавкой ПАВ), водно-спиртовых или спиртовых р-рах.

Х. в концентрации 0,01 мг/л вызывает раздражение слизистых оболочек глаз и верх. дыхат. путей, к-рое проявляется в виде рези и боли в глазах, слезотечения и мучительного кашля. Концентрация Х. 0,05 мг/л непереносима и, кроме того, вызывает тошноту и рвоту. В дальнейшем развиваются отек легких, кровоизлияния во внутр. органах. Смертельная концентрация Х. при экспозиции 1 мин – 20 мг/л.

Х. применяют как фумигант. ПДК в воздухе рабочей зоны 0,07 мг/м³. В 1-ю мировую войну Х. использовался в качестве ОВ удушающего и раздражающего действия. Во мн. странах он применяется для проверки исправности противогазов и как учебное ОВ. Защита от Х. – противогаз.

Лит. см. при ст. Отравляющие вещества.

В. И. Емельянов.

ХЛОРПРОПИОНОВЫЕ КИСЛОТЫ. Наиб. важны 2 (или α), 3 (или β)-моноклорпропионовые к-ты $CH_3CHClCOOH$ и CH_2ClCH_2COOH соотв., а также 2,2 (или α,α)-дихлорпропионовая к-та CH_3CCl_2COOH ; бесцв. жидкости с резким запахом или гигроскопичные бесцв. кристаллы, хорошо раств. в воде (табл.).

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ХЛОРПРОПИОНОВЫХ КИСЛОТ

Показатель	$CH_3CHClCOOH$	CH_2ClCH_2COOH	CH_3CCl_2COOH
Мол. м.	108,53	108,53	142,98
Т. пл., °C	—	41–42	—
Т. кип., °C	185,2	204 (с разл.)	185–190
d_4^{20}	1,258	—	1,389*
n_D^{20}	1,4350	—	—
Давление пара, кПа (89 °C)	2,13	0,13	1,87
$\Delta H_{гор}^0$, кДж/моль	–1394,6	–1518,5	—
K (вода, 25 °C)	$14,7 \cdot 10^{-4}$	$1,04 \cdot 10^{-4}$	—
Т. всп., °C	100	—	115
Т. самовоспл., °C	575	—	—
Температурные пределы воспламенения паров в воздухе, °C	106–125	—	119–129
ПДК, мг/м ³	—	—	10

*При 22,8 °C.

Х. к. обладают св-вами галогенкарбоновых кислот. С оксидами и гидроксидами металлов дают соли – водорастворимые кристаллич. в-ва без характерной точки плавления; со спиртами образуют эфиры, скорость этерификации возрастает в присут. кислых катализаторов, напр. H_2SO_4 . При кипячении с водой или водными р-рами щелочей CH_3CCl_2COOH превращается в пировиноградную к-ту, $CH_3CHClCOOH$ – в молочную к-ту, нагревание CH_2ClCH_2COOH с водными или спиртовыми р-рами щелочей приводит к солям акриловой к-ты. Моноклорпропионовые к-ты реагируют с NH_3 ; так, при нагр. α -Х. к. с избытком водного р-ра NH_3 образуется α -аланин $CH_3CH(NH_2)COOH$.

Получают $CH_3CHClCOOH$ и CH_3CCl_2COOH хлорированием пропионовой к-ты при 100–110 °C в присут. PCl_3 ; образующую смесь обрабатывают водой, отдувают азотом HCl и ректифицируют. α -Х. к. может быть получена взаимод. 2-гидроксипропионитрила $CH_3CH(OH)CN$ с HCl с послед. гидролизом в присут. H_2SO_4 , α,α -дихлорпропионовая к-та – хлорированием пропионитрила с послед. гидролизом либо взаимод. пировиноградной к-ты с PCl_3 .

β -Х. к. получают гидрохлорированием акрилонитрила с послед. гидролизом в кислой среде.

α -Х. к. – полупродукт в произ-ве синтетич. молочной к-ты, β -Х. к. (особенно ее хлорангидрид) используют для синтеза лек. в-в (напр., пантотеновой к-ты); $\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{COONa}$ (далапон, пропионат) – гербицид в посевах хлопчатника, сахарной свеклы, картофеля и др. культур [в порошкообразном состоянии образует с воздухом взрывоопасную пылевздушную смесь, т. воспл. 950 °С, КПВ (нижний) 52 г/м³]. ПДК в воздухе рабочей зоны для монохлорпропионовой к-ты 2 мг/м³, для α , β -дихлорпропионовой к-ты – 10 мг/м³.

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опина, М., 1978. Ю. А. Треггер.

ХЛОРСЕРЕБРЯНЫЙ ЭЛЕКТРОД, см. *Электроды сравнения*.

ХЛОРТОЛУОЛЫ. Различают Х., содержащие атомы хлора в ароматич. ядре (метилхлорбензолы; общая ф-ла $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{n-1}\text{Cl}$, где $n = 1-5$), в ядре и боковой цепи, только в боковой цепи. О последних см. *Бензальхлорид*, *Бензилхлорид*, *Бензотрихлорид*.

Наиб. практич. интерес представляют метилхлорбензолы – пл. обр. монохлортолуолы (толилхлориды) и дихлортолуолы. Бесцв. жидкости (табл. 1); хорошо раств. в бензоле, этаноле, диэтиловом эфире, не раств. в воде.

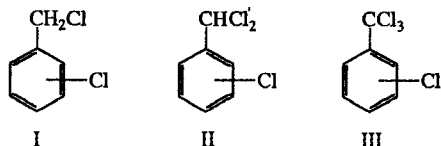
Табл. 1. – СВОЙСТВА МЕТИЛХЛОРБЕНЗОЛЫ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d_4^{20}	n_D^{20}
2-Хлортолуол*	126,6	-35,1	159,1	1,0825	1,5268
3-Хлортолуол**	126,6	-47,8	162	1,0722	1,5210
4-Хлортолуол	126,6	7,5	162	1,0690	1,5211
2,4-Дихлортолуол	161,03	-13,5	198–200	1,2530	1,5450
2,6-Дихлортолуол	161,03	-11,5	199	1,2680	1,5505
3,4-Дихлортолуол	161,03	-15,3	208,9	1,2475	1,5471

*Теплопроводность при 25 °С 0,1272 Вт/(м·К); η 0,88 мПа·с (30 °С); γ 33,9 мН/м (15 °С). **Теплопроводность при 20 °С 0,1234 Вт/(м·К); ϵ 6,08.

Х. по св-вам – типичные представители *ароматических соединений*. В пром-сти их получают жидкофазным хлорированием толуола Cl_2 в присут. FeCl_3 . 3-Хлортолуол и 2,6-дихлортолуол синтезируют также диазотированием соотв. м-толуидина и 2,6-диаминохлортолуола с послед. замещением диазогруппы на Cl по *Зандмейера реакции*.

При жидкофазном хлорировании Х. газообразным Cl_2 при 80–90 °С и УФ облучении или в присут. 2,2'-азо-бис-изобутиронитрила образуются разл. хлорпроизводные – хлорбензилхлориды [(хлорметил)хлорбензолы, ф-ла I], хлорбензальхлориды [(дихлорметил)хлорбензолы, хлорбензилидендихлориды, II] и хлорбензотрихлориды [(трихлорметил)хлорбензолы, хлорбензилидентрихлориды, III]. Представляют собой бесцв. жидкости или кристаллы (табл. 2) с резким раздражающим запахом. Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, не раств. в воде.



2- и 3-Хлорбензальхлориды препаративно получают взаимод. 2- и 3-хлорбензальдегидов с PCl_5 или SOCl_2 , 4-хлорбензальхлорид – хлорированием бензальдегида в присут. I_2 . 3-Хлорбензотрихлорид м.б. получен с хорошим выходом хлорированием бензотрихлорида при 60–70 °С в присут. I_2 .

Х. применяют в произ-ве красителей и пестицидов, разл. хлорпроизводных. Х. – горючие в-ва; для 4-Х. т. восп. 42 °С (закрытый тигель), 52 °С (открытый тигель), т. самовоспл. 573 °С; температурные пределы воспламенения 34–71 °С.

Х. раздражают слизистые оболочки дыхательных путей и глаз, вызывают воспаление при попадании на кожу. ПДК в

583

Табл. 2. – СВОЙСТВА (ХЛОРМЕТИЛ)ХЛОРБЕНЗОЛЫ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d_4^{20}	n_D^{20}
2-Хлорбензилхлорид*	161,03	-17	217	1,2745	1,5550
3-Хлорбензилхлорид**	161,03	—	215	1,2707	1,5568
4-Хлорбензилхлорид***	161,03	31	222	1,2723	1,5560
2-Хлорбензальхлорид	195,48	—	228,5	1,3990	1,5660
3-Хлорбензальхлорид	195,48	—	235–237	—	—
4-Хлорбензальхлорид	195,48	—	236	—	—
2-Хлорбензотрихлорид	229,92	29,4	264,3	1,5186	1,5836
3-Хлорбензотрихлорид	229,92	—	255	1,495	1,4461
4-Хлорбензотрихлорид	229,92	—	245	1,4947	1,4463

* μ 7,67·10⁻³⁰ Кл·м; ** μ 6,87·10⁻³⁰ Кл·м; *** μ 5,80·10⁻³⁰ Кл·м.

атм. воздухе 0,01–0,02 мг/м³, в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,2–0,5 мг/л.

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опина, М., 1978. Г. В. Моцарев.

ХЛОРТРИАЗИНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ, см. *Активные красители*.

ХЛОРУКСУСНЫЕ КИСЛОТЫ. Различают моно- (ClCH_2COOH), ди- (Cl_2CHCOOH) и трихлоруксусные к-ты (Cl_3CCOOH). Монохлоруксусная к-та – бесцв. гигроскопич. кристаллы; существует в 4 кристаллич. α -, β -, γ и δ -формах. Наиб. устойчива α -форма, имеющая моноклинную кристаллич. решетку; параметры решетки: $a = 0,538$, $b = 1,927$, $c = 0,801$ нм, $\beta = 109,5^\circ$, $z = 8$, пространств. группа $P2_1/c$. Дихлоруксусная к-та – бесцв. жидкость; трихлоруксусная – бесцв. гигроскопич. кристаллы, существует в двух кристаллич. формах: τ и β . Свойства Х. к. см. в табл. 1.

Табл. 1. – СВОЙСТВА ХЛОРУКСУСНЫХ КИСЛОТ

Показатель	ClCH_2COOH	Cl_2CHCOOH	Cl_3CCOOH
Мол. м.	94,5	128,9	163,4
Т. пл., °С	62,3*	13,5	57,4**
Т. кип., °С	187,85	194	197,6
d_4^{20}	1,4034 ⁴⁰	1,5634 ²⁰	1,62 ²⁵
n_D^{20}	1,4351 ⁵⁵	1,4658 ²⁰	1,4603 ⁶¹
η , мПа·с	1,29 (100 °С)	4,78 (35 °С)	3,03 (70 °С)
γ , мН/м	35,17 (100 °С)	38,6 (20 °С)	28,54 (80 °С)
μ , Кл·м	0,68·10 ⁻³⁰	—	0,67·10 ⁻³⁰
$\Delta H_{\text{пл}}^0$, кДж/моль	19,37	7,67	5,88
$\Delta H_{\text{ср}}^0$, кДж/моль	—	-62,1	-49,1
$\Delta H_{\text{обр}}^0$, кДж/моль	-490,1 (100 °С)	-502,9	—
ϵ	12,3 (60 °С)	8,2 (22 °С)	4,6 (60 °С)
K_a	1,4·10 ⁻³	5,1·10 ⁻²	2,2·10 ⁻¹
Т. восп., °С	132	110	—
Т. самовоспл., °С	446	660	711
ЛД ₅₀ , мг/кг (крысы, перорально)	76	2820	5000
ПДК***, мг/м ³	1	4	5

* α -Форма. ** τ -Форма. ***В воздухе рабочей зоны.

Х. к. раств. в воде (для ClCH_2COOH – 604 г в 100 г воды при 30 °С), ацетоне, бензоле, CCl_4 , CH_2Cl_2 , CS_2 и др.

Х. к. – типичные представители *галогенкарбоновых кислот*. Монохлоруксусная к-та легко вступает в р-ции нуклеоф. замещения по атому Cl . При обработке горячим спиртовым р-ром $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$ образуется этоксиуксусная к-та, с щелочным р-ром фенола – феноксиуксусная к-та, с цианидами щелочных металлов – *циануксусная кислота*, с этилендиаминном – *этилендиаминтетрауксусная кислота* (ЭДТА), с гидроксидами щелочных металлов – *гликолевая кислота*, с водным р-ром гидросульфида калия – *тиогликолевая кислота*. Р-ция ClCH_2COOH с анилином – пром. метод получения *индиго*, р-цией с NH_3 получают *глицин*, с метиламином – *саркозин* $\text{CH}_3\text{NHCH}_2\text{COONa}$, с щелочной целлюлозой – *карбоксиметилцеллюлозу*.

584

СВОЙСТВА ОСНОВНЫХ ХЛОРФЕНОКСИУКСУСНЫХ КИСЛОТ

Показатель	4-ХФУК	2М-4Х	2,4-Д	2,4,5-Т
Моля. м.	186,59	200,62	221,04	255,48
Т. пл., °С	159–160	120–120,2	141	158–159
Т. кип., °С	—	—	160/0,4 мм рт. ст.	—
Р-имость в Н ₂ О, г/л (20 °С)	0,68	0,63	0,54	0,192
К _с	9,6 · 10 ⁻⁴	5,4 · 10 ⁻⁴	23,0 · 10 ⁻⁴	—
ЛД ₅₀ , мг/кг (мышь, перорально)	100	540–700	314–455	500

Х. к. реагируют по карбоксильной группе с образованием сложных эфиров (хлорацетатов), ангидридов, галогенангидридов, амидов, нитрилов (табл. 2). Так, при взаимодействии ClCH_2COOH с PCl_3 при 100 °С образуется хлорацетилхлорид – полупродукт в синтезе лек. в-в (хлорзепид, сибазон и др.), р-ция ClCH_2COOH со спиртами в присут. к-т приводит к сложным эфирам, обладающим фунгицидным действием. При взаимодействии хлорангидридов Х. к. с NH_3 образуются амиды.

Табл. 2. – СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ХЛОРФЕНОКСИУКСУСНЫХ КИСЛОТ

Соединение	Моля. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d_4^{20}	n_D^{20}
Этилхлорацетат $\text{ClCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$	122,55	–26	144,2	1,4227	1,1585
Хлорацетилхлорид ClCH_2COCl	112,94	–21,7	105	1,4177	1,4535
Дихлорацетилхлорид Cl_2CHCOCl	147,38	—	107,3	1,5315	1,4591
Дихлорацетамид $\text{Cl}_2\text{CHCONH}_2$	127,95	96	233	—	—
Трихлорацетилхлорид Cl_3CCOCl	181,83	–56,9	118,5	1,6202	1,4697
Трихлорацетамид $\text{Cl}_3\text{CCONH}_2$	162,40	142	238	—	—

Трихлоруксусная к-та легко декарбоксилируется: при кипячении в 1,2-диметоксигетане образуется дихлоркарбен, при нагр. с щелочами или аминами – хлороформ. Нейтрализация трихлоруксусной к-ты водным р-ром NaOH или Na_2CO_3 приводит к трихлорацетату натрия – гербициду широкого спектра действия.

Осн. пром. методы получения ClCH_2COOH – хлорирование уксусной к-ты в присут. катализаторов (Р, S, уксусный ангидрид) при 100–150 °С и кислотная гидратация 1,1,2-трихлорэтилена 90–93%-ной H_2SO_4 при 160–180 °С. Она м. б. получена также гидрированием Cl_2CHCOOH или Cl_3CCOOH в водной среде в присут. Pd либо электрохим. восстановлением в присут. Fe_2O_4 ; хлорированием кетена; из CH_3COOH и SOCl_2 при 115–120 °С и 0,4–0,5 МПа.

Для получения Cl_2CHCOOH используют р-цию хлоральгидрата с CaCO_3 и NaCN с послед. подкислением; хлорирование CH_3COOH и ClCH_2COOH ; окисление дихлорацетальдегида HNO_3 ; гидролиз дихлорацетилхлорида и др. методы.

В пром-сти Cl_3CCOOH получают окислением хлорала 42%-ной HNO_3 при 60–65 °С. Другие методы: прямое хлорирование CH_3COOH , ClCH_2COOH , Cl_2CHCOOH или их смесей в присут. катализатора или при УФ облучении; гидролиз трихлорацетилхлорида; гидролитич. окисление тетрачлорэтилена; кипячение хлорала с р-ром $\text{Ca}(\text{ClO})_2$.

Х. к. – важные полупродукты орг. синтеза. Наиб. широко применяют ClCH_2COOH : в синтезе красителей, лек. в-в, витаминов, пестицидов (напр., 2,4-Д, 2М-4Х; см. Гербициды); Cl_2CHCOOH и ее производные используют в произ-ве косметич. и лек. в-в; сама Cl_2CHCOOH обладает высокой антивирусной и противогрибковой активностью; Cl_3CCOOH применяют в биохимии, медицине (антисептик., вяжущее средство).

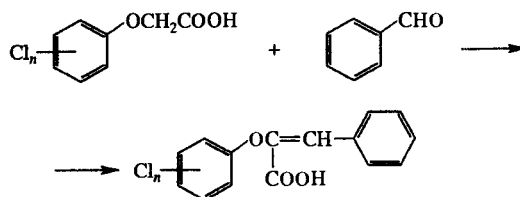
Лит.: Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N.Y., 1978, p. 171–74; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983; Мельников Н. Н., Пестициды. Химия, технология и применение, М., 1987.

С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

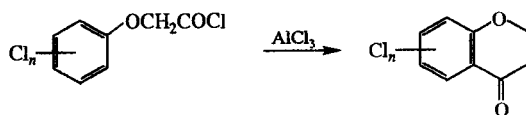
ХЛОРФЕНОКСИУКСУСНЫЕ КИСЛОТЫ (О-хлорфенилгликолевые к-ты), соед. ф-лы I ($n = 1–5$). Наиб. пром. значение имеют 4-хлорфеноксиуксусная к-та (4-ХФУК, парафен, томаты-фикс, томатыон) и ее 2-метилпроизводное – 2-метил-4-хлорфеноксиуксусная к-та (2М-4Х, МСРА, дикотекс, метаксон), а также 2,4-дихлорфеноксиуксусная (2,4-Д, акваклин) и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусная (2,4,5-Т) к-ты (табл.).

Х. к. – слабые к-ты; обладают св-вами карбоновых кислот и ароматических соединений. Легко образуют соли, ангидриды, хлорангидриды, эфиры, амиды и др. производные. С ароматич. альдегидами вступают в р-цию Перкина с образованием производных коричной к-ты, напр.:

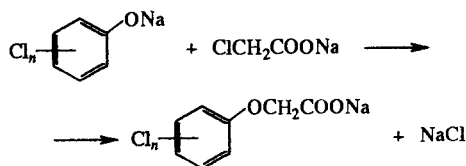
ды, хлорангидриды, эфиры, амиды и др. производные. С ароматич. альдегидами вступают в р-цию Перкина с образованием производных коричной к-ты, напр.:



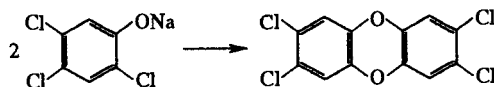
При хлорировании получают продукты более глубокого хлорирования, напр. 2,4-Д при взаимодействии с Cl_2 превращается в 2,4,6-трихлорфеноксиуксусную к-ту. Нитрование 2,4-Д приводит к 5-нитро-2,4-дихлорфеноксиуксусной к-те (примесь – 6-нитроизомер). При нагр. Х. к. с HNaI происходит гидролиз с образованием соответствующего хлорфенола и гликолевой к-ты; р-ция быстрее всего протекает с HI и идет тем легче, чем выше кислотность образующегося фенола. Действие AlCl_3 на хлорангидриды Х. к. приводит к образованию производных 4-хроманона:



Наиб. распространенный пром. способ получения Х. к. заключается в конденсации хлорфенолятов с солями монохлоруксусной к-ты в водной или орг. среде, напр:



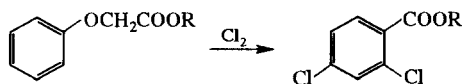
Для уменьшения гидролиза продукта р-цию в водной среде проводят в избытке фенолята или с добавлением NaCl . При проведении процесса возможно образование высокотоксичных производных диоксина, напр. при синтезе 2,4,5-Т образуется 2,3,7,8-тетрахлордибензодиоксин (ЛД₁₀₀ для животных 0,08–0,2 мг/кг):



Произ-во 2,4,5-Т этим способом постепенно сокращается.

Другой пром. метод получения – хлорирование феноксиуксусной к-ты, полученной конденсацией фенолята Na с хлорацетатом Na в водной среде, или ее производных (в частности, эфиров) действием Cl_2 , NaClO , смесью NaClO_3 с HCl , сульфурилхлорида или хлорамина. Наиб. распространен метод

прямого хлорирования; р-цию проводят в расплаве к-ты, орг. р-рителе, в присут. катализаторов (I_2 , Fe-стружки) или водно-щелочной среде с эквимольным кол-вом Cl_2 при повышенной т-ре. Напр., эфиры 2,4-Д получают взаимод. Cl_2 с эфирами феноксисукусной к-ты при 150 °С:



R=Alk, Ar

2,4,5-Т получают хлорированием 2,5-дихлорфеноксисукусной к-ты в орг. р-рителе при 90–120 °С.

Все Х. к. и их производные (ангидриды, хлорангидриды, эфиры, амиды и др.) – биологически активные в-ва – пл. обр. гербициды и регуляторы роста растений, а также бактерициды, фунгициды, репелленты, овициды. Широко используются для борьбы с двудольными сорняками в посевах хлебных злаков и техн. культур (2,4-Д, 2М-4Х в дозах 0,2–2 кг/га), с кустарниками и древесной порослью (2,4,5-Т в дозах 5–7 кг/га) применяют обычно в виде бутилового эфира в смеси с бутиловым эфиром 2,4-Д; 4-ХФУК – регулятор роста растений для получения партенокарпич. плодов томатов. Наиб. сильным гербицидным действием обладают эфиры Х. к., причем для достижения равного с действием к-ты эффекта требуется в 2–3 раза меньшая доза препарата. ПДК в воздухе рабочей зоны для 2М-4Х и 2,4-Д – 1,0 мг/м³.

Общий объем произ-ва Х. к. и их производных в России ок. 50 тыс. т в год (1990); более 1/2 объема приходится на эфиры Х. к. (ок. 1500 препаратов).

Лит.: Мельников Н. Н., Пестициды. Химия, технология и применение, М., 1987; Каспаров В. А., Промоненков В. К., Применение пестицидов за рубежом, М., 1990. А. А. Заликин.

ХЛОРФЕНОЛЫ, соед. общей ф-лы $HO-C_6H_3-n-Cl_n$ ($n = 1-5$). Кристаллы (табл.) с неприятным запахом. Хорошо раств. в орг. р-рителях, водных р-рах NaOH, ограниченно – в воде.

Наиб. практич. интерес представляют моноклорфенолы и пентахлорфенол.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ХЛОРФЕНОЛОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d_4^{20}	n_D^{20}	K (25 °С, вода)
2-Хлорфенол	128,56	8,7	174,9	1,2634	1,5524	$3,2 \cdot 10^{-10}$
3-Хлорфенол	128,56	35	214	1,268	1,5565 (40°С)	$14,0 \cdot 10^{-10}$
4-Хлорфенол	128,56	43,2	219,8	1,306	1,5579	$6,6 \cdot 10^{-10}$
2,4-Дихлорфенол	163,06	45,0	210	—	—	—
2,4,5-Трихлорфенол	197,11	69,5	246	1,490	—	—
2,3,4,5,6-Пентахлорфенол	266,34	190	309,3 (с разл.)	1,978 (22 °С)	—	$1,2 \cdot 10^{-10}$

Моноклорфенолы по св-вам аналогичны фенолам. При сплавлении с щелочами превращаются в соответствующие бифенолы. В пром-сти их получают хлорированием фенола SO_2Cl_2 при 40 °С или Cl_2 при 40–50 °С; соотношение *n*- и *o*-изомеров 65:35. 4-Хлорфенол получают также частичным гидролизом *n*-дихлорбензола водным р-ром NaOH в этаноле, 3-хлорфенол – диазотированием *m*-хлоранилина с послед. замещением диазогруппы на гидроксильную.

Моно-, ди- и трихлорфенолы применяют в произ-ве азокрасителей, гербицидов. 4-Хлорфенол – исходный продукт в синтезе диаминоантрахинона, селективный р-ритель при рафинировании минер. масел, денатурирующий агент, дезинфицирующее и противогрибковое ср-во. 3-Хлорфенол применяют в произ-ве феноло-формальдегидных смол; 2-хлорфенол входит в состав ускорителей вулканизации, используется в синтезе 2,4-дихлорфенола и 2,4-дихлорфеноксисукусной к-ты.

2,4,5-Трихлорфенол – сырье для получения 2,4,5-трихлорфеноксисукусной к-ты и др. гербицидов.

Описанные выше Х. горючи; для 4-хлорфенола КПВ 1,64–9,4%, т. всп. 121 °С, для 2,4-дихлорфенола т. самовоспл.

761 °С. Раздражают слизистые оболочки дыхательных путей, вызывают экзему и ожоги кожи, поражение печени. ПДК в атм. воздухе для моноклорфенолов до 0,2 мг/м³, для 2,4-дихлорфенола и 2,4,5-трихлорфенола (в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования) соотв. 0,002 и 0,004 мг/л. ЛД₅₀ для 2,4-дихлорфенола 480 мг/кг, для 2,4,5-трихлорфенола 750 мг/кг (крысы, перорально).

Для пентахлорфенола давление пара (Па): 2,67 (192,2 °С), 13,33 (239,6 °С), 53,32 (285 °С). При хлорировании в среде H_2SO_4 и HSO_3Cl , а также при окислении конц. HNO_3 он превращается в тетрахлор-*n*-бензохинон (хлорантл). При взаимод. с алкилгалогенидами в спиртово-щелочной среде образует соответствующие эфиры, с сильными основаниями в спиртовой среде – соли, к-рые выделяются в виде кристаллогидратов, стойких до т-ры 110 °С.

В пром-сти пентахлорфенол получают щелочным гидролизом гексахлорбензола в среде этиленгликоля при 135–140 °С с послед. подкислением реакц. массы до pH 3–5 либо хлорированием фенола в присут. $AlCl_3$, $FeCl_3$ или $SbCl_5$.

Пентахлорфенол и его Na-соль – антисептики для древесины, кожи, целлюлозы, тканей, инсектициды, фунгициды, гербициды.

Пентахлорфенол негорюч, невзрывоопасен. Токсичен; проникает через кожу, раздражает слизистые оболочки глаз, кожу. ПДК в атм. воздухе 0,02 мг/м³, в воздухе рабочей зоны 0,1 мг/м³, в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,01 мг/л. ЛД₅₀ 100 мг/кг (мыши, назожно).

Лит.: Ворожцов Н. Н., Основы синтеза промежуточных продуктов и красителей, М., 1955; Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Ошина, М., 1979. Г. В. Мочарев.

ХЛОРЦИАН (хлорангидрид циановой к-ты), $ClCN$, мол. м. 61,47; бецв. газ; т. пл. –6,9 °С, т. кип. 12,8 °С; d_4^{20} 1,222; ограничено раств. в воде (7% при 20 °С), хорошо – в орг. р-рителях; летучесть 3360 мг/л (20 °С).

Способен к замещению атома хлора на др. группы, напр.: $ClCN + 2NH_3 \rightarrow H_2NCN + NH_4Cl$. Эта р-ция пригодна для получения цианамидов и дегазации Х. в помещениях.

Медленно разлагается холодной водой, быстро – горячей: $ClCN + 2H_2O \rightarrow CO_2 + NH_4Cl$.

Щелочи при 20 °С превращают его в нетоксичные соли: $ClCN + 2NaOH \rightarrow NaOCN + NaCl + H_2O$.

Х. – окислитель, восстанавливающийся в ядовитую синильную к-ту, напр.: $ClCN + 2RSH \rightarrow RSSR + HCN + HCl$.

Неустойчив при хранении; в присут. влаги, хлора, соляной к-ты тримеризуется в цианурхлорид. Получают Х. хлорированием синильной к-ты или водных р-ров цианидов в присут. ингибиторов полимеризации.

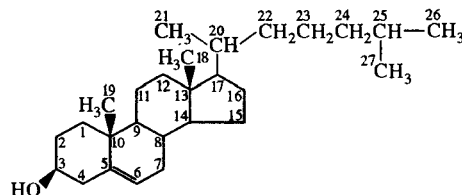
Х. – ОВ; обладает общедовитым действием на организм, раздражает слизистые оболочки глаз и верх. дыхат. путей. Начальная раздражающая концентрация 0,002 мг/л, непереносимая – 0,06 мг/л. Пребывание в течение 10 мин в атмосфере Х. с концентрацией 0,4 мг/л может вызвать смертельный исход. Защита от Х. – противогаз.

Лит.: см. при ст. Отравляющие вещества.

В. И. Емельянов.

ХОЛЕВАЯ КИСЛОТА, см. Желчные кислоты.

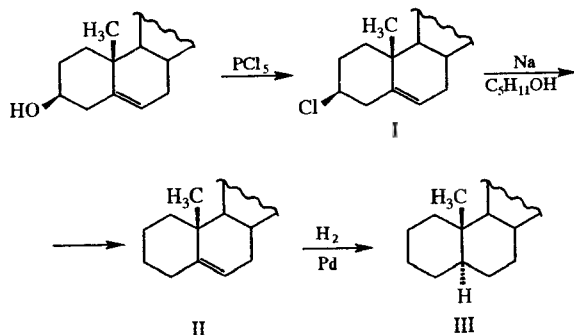
ХОЛЕСТЕРИН (5-холестен-3β-ол), мол. м. 386,66; жемчужные кристаллы, жирные на ощупь; т. пл. 149 °С, т. кип. 300–320 °С (с частичным разложением); $[\alpha]_D^{20}$ –39° (в $CHCl_3$). Хорошо раств. в триэтиламин, бензоле, пиридине, амилвом спирте, хуже – в петролейном эфире, низших спиртах, ацетоне, диэтиловом эфире, уксусной к-те, не раств. в воде, но образует с ней коллоидные р-ры.



Х. дает цветные р-ции: с CHCl_3 в H_2SO_4 – красный цвет слоя CHCl_3 и флуоресцирующий зеленый цвет кислотного слоя; с подкисленным р-ром CHCl_3 и уксусным ангидридом – розовое окрашивание, быстро меняющееся в красное, затем синее и, окончательно, в зеленое.

Характерное св-во Х. – способность к образованию мол. комплексов со мн. солями, к-тами, аминами, углеводами (напр., с глюкозой – глюкохолестерины), белками, витамином D_3 , сапонинами; в последнем случае соединение Х. с сапонином дигитонином выпадает в виде нерастворимого осадка (на этом основано применение Х. как противоядия при отравлении сапонинами).

Гидроксильная группа Х. легко замещается хлором без инверсии. Так, под действием PCl_5 или SOCl_2 Х. превращается в холестерилхлорид (ф-ла I); восстановление к-рого Na в амилловом спирте приводит к Δ^5 -холестену (II); последний при каталитич. гидрировании превращается в холестеран (III):



Х. образует простые и сложные эфиры с к-тами, в т. ч. с высшими жирными, входящими в состав клеточных мембран. При окислении CrO_3 Х. превращается в 4-холестен-3-он, при действии активной MnO_2 – в 4,6-холестадиен-3-он. По двойной связи Х. присоединяет Cl_2 с образованием 5 α ,6 β - и 5 α ,6 α -дихлоридов. Гидрирование Х. над Pt приводит к 5 α -холестан-3 β -олу.

Х. – основной *стерин* высших животных, однако присутствует практически во всех живых организмах, включая бактерии и синезеленые водоросли. В тканях животных содержится в своб. виде (напр., в тканях нервной системы) или в виде эфиров с высшими жирными к-тами и служит их переносчиком. Наиб. кол-во Х. – в мозге, печени, почках, надпочечниках. Нормальное содержание Х. в крови человека составляет 160–220 мг в 100 мл. Нарушение холестерина обмена является одной из причин атеросклероза и желчнокаменной болезни. Впервые Х. выделен из желчных камней, почти целиком состоящих из Х. Из пищевых продуктов Х. больше всего в жирах, желтках яиц. На долю Х., получаемого с пищей, приходится ок. 30%.

Основное кол-во Х. синтезируется самим организмом из сквалена с участием фермента холестеринэстеразы. Важнейшей биохим. функцией Х. у позвоночных является его превращение в гормон прогестерон в плаценте, семенниках, желтом теле и надпочечниках; этим превращением открывается путь биосинтеза стероидных половых гормонов и кортикостероидов. Другое направление метаболизма Х. у позвоночных – образование *желчных кислот* и витамина D_3 (см. Витамин D). Кроме того, Х. участвует в регулировании проницаемости клеток и предохраняет эритроциты крови от действия гемолитич. ядов. У насекомых поступающий с пищей Х. используется для биосинтеза гормонов линьки – экдизонов.

У ряда животных постоянный уровень Х. в организме регулируется по принципу обратной связи – при поступлении избытка Х. его биосинтез в клетках организма ингибируется. У человека этот механизм контроля отсутствует, поэтому содержание Х. может значительно возрастать, особенно с приемом жирной пищи.

Х. выделяется из спинного мозга животных экстрагированием ацетоном или из жира, получаемого при промывке овечьей

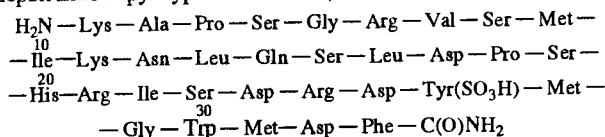
шерсти (ланолина). Очищают Х. быстрой кристаллизацией из уксусной к-ты.

Применяют Х. гл. обр. для получения стероидных гормонов и производных на их основе, а также витамина D_3 и др. фармацевтич. препаратов.

Лит. см. при ст. *Стерины*.

ХОЛЕЦИСТОКИНИН (панкреозимин), пептидный гормон позвоночных.

Молекула Х. состоит из 33 аминокислотных остатков. Первичная структура Х. свиньи (мол. м. 3900):



(букв. обозначения см. в ст. *Аминокислоты*). Единственный остаток тирозина в положении 27 сульфирован. Десульфирование приводит к потере биол. активности пептида. С-Концевые декапептидный и октапептидный фрагменты, полученные синтетически, обладают соотв. в 10–15 и 5–7 раз большей биол. активностью, чем Х.

Вырабатывается Х. в слизистой оболочке двенадцатиперстной кишки и верх. отдела тонкой кишки в ответ на раздражение продуктами распада белков и жиров. Осн. физиол. ф-ции Х. – стимулирование сокращения желчного пузыря и секреции пищеварит. ферментов поджелудочной железой. Первоначально эти две ф-ции приписывались двум разным гормонам – соотв. Х. и панкреозимину. В 1964 из слизистой оболочки тонкого кишечника был выделен высокоочищенный пептид, состоящий из 33 аминокислотных остатков и обладающий активностью Х. и панкреозимина.

В слизистой оболочке кишечника выявлены 3 мол. формы Х., различающиеся по числу аминокислотных остатков (Х.-8, Х.-12 и Х.-33). Из них 60–70% приходится на Х.-8. Из крови Х. может попадать через почки в мочу, сохраняя при этом биол. активность (урохолецистокинин).

Установлено, что Х. синтезируется не только в кишечнике, но и в нейронах центр. и периферич. нервной системы. Предполагают, что в нервной системе он играет роль нейромедиатора или модулятора.

Получают Х. и его биологически активные фрагменты путем хим. синтеза или выделяют из слизистой оболочки тонкого кишечника животных.

Лит.: Уголев А. М., *Энтеринговая (кишечная гормональная) система*, Л., 1978; Климов П. К., в кн.: *Физиология эндокринной системы*, Л., 1979, с. 414–48; Rayford P. L. [а. о.], «New Engl. J. Med.», 1976, v. 294, № 20, p. 1093–1101; № 21, p. 1157–64. А. А. Булатов.

ХОЛИН [дигидроксид 2-гидроксиэтил(триметил)аммония] $[\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3]\text{OH}^-$, мол. м. 121,18; бесцв. очень гигроскопичные кристаллы, т. пл. 180 °С (с разл.), хорошо раств. в воде, метаноле и этаноле, плохо раств. в амилловом спирте, ацетоне и хлороформе, не раств. в диэтиловом и петролейном эфирах, бензоле, CS_2 , CCl_4 и толуоле. Разб. водные р-ры Х. устойчивы к нагреванию до 70 °С. Х. – сильное основание (pK_b 5,06), вытесняет аммиак из его солей и образует соли со мн. к-тами. Важнейшая соль и обычная форма выпуска – холинхлорид $[\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3]\text{Cl}^-$, т. пл. 105–107,5 °С. Нек-рые соли Х., напр. фосфатовольфрамат, рейнекат, аулоплатинат, не раств. в воде и спиртах, что может использоваться для анализа Х. Для определения Х. применяют также биол. методы, основанные на воздействии на гладкую мускулатуру образующегося из Х. ацетилхолина, микробиол. с использованием в качестве тест-организма штамма *Neurospora crassa*, рост к-рого пропорционален содержанию Х. в среде, и физ.-хим. методы.

Х. может быть получен метилированием 2-аминоэтанола CH_3I и конденсацией триметиламина с этиленоксидом или этиленхлоргидрином.

Х. широко распространен в животных и растит. тканях, а также у микроорганизмов; особенно высоко содержание Х. в нервной ткани (в частности, в мозге), в печени, почках и мышце сердца.

Х. играет важную роль в обмене в-в и является важным фактором в питании животных и человека, т.к. остаток Х. входит в состав *фосфатидилхолинов* (лецитинов) и *сфингомиелинов*. Синтез этих фосфолипидов в животных тканях включает в качестве одной из начальных стадий фосфорилирование Х. с помощью АТФ и фермента холинкиназы. Образующийся фосфохолин взаимодействует с цитидинтрифосфатом, в результате чего возникает активная коферментная форма Х. — цитидиндифосфохолин (ЦДФ-холин), способствующий включению Х. в молекулу липида. Кроме того, из Х. в организме с помощью фермента холин-ацетилтрансферазы и ацетил-кофермента А синтезируется ацетилхолин, играющий важную роль в механизме передачи нервных импульсов.

Х. — источник (донор) метильных групп в биохим. р-циях метилирования (в частности, при биосинтезе метионина). Х. не является витамином в строгом смысле, т.к. используется в качестве пластич. в-ва при построении структур живой ткани, гл. обр. биол. мембран, и может образовываться в организме из серина. Поскольку, однако, биосинтез Х. у животных и человека ограничен, он должен поступать дополнительно с пищей и является т. обр. незаменимым пищ. в-вом. Потребность человека в Х. точно не определена и зависит от обеспеченности рациона белком, витамином В₁₂ и фолиевой к-той; по разным данным, она составляет от 0,25 до 4 г в сутки. Недостаток Х. в сочетании с дефицитом белка может вызывать жировую дегенерацию печени и ее цирроз. Из продуктов питания Х. наиб. богаты мясо, рыба, яичный желток, соевая мука.

Препараты Х. в виде 20%-ного р-ра холинхлорида применяют для лечения заболеваний печени (цирроз, гепатиты) и атеросклероза.

Лит.: Березовский В. М., *Химия витаминов*, 2 изд., М., 1973; Витамины, под ред. М. И. Смирнова, М., 1974; *Handbook of vitamins nutritional, biochemical and clinical aspects*, ed. by L. J. Machlin, N.Y. — Basel, 1984.

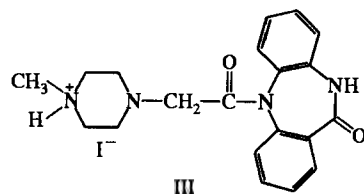
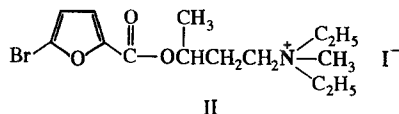
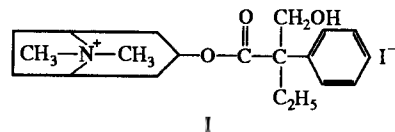
В. Б. Спиричев.

ХОЛИНОЛИТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА (антихолинэргические, холиноблокирующие, холинолитики), лек. в-ва, предупреждающие, ослабляющие и прекращающие взаимод. нейромедиатора *ацетилхолина* и холиномиметич. средств с холинорецепторами. В связи с наличием в центральной и периферич. нервных системах м- и н-холинорецепторов (см. *Холиномиметические средства*) Х. с. подразделяют на м-Х. с. и н-Х. с.

Среди н-Х. с. в соответствии с особенностями локализации, строения и функций рецепторов выделяют две группы: 1) в-ва, влияющие преим. на передачу нервного возбуждения в ганглионарных синапсах — *ганглиоблокирующие средства*; 2) в-ва, вызывающие блокаду проведения нервных импульсов в нервно-мышечных синапсах — периферич. миорелаксанты, или *курареподобные средства*.

К м-Х. с. (м-антагонистам) относятся *атропин*, а также ряд родственных ему алкалоидов и синтетич. производных, в частности гиосциамин, скополамин (см. *Тропановые алкалоиды*), платифиллин (см. *Пирролизидиновые алкалоиды*). Эта группа Х. с. включает также аминоалкиловые эфиры дифенилглицеролевой (бензиловой) и фенилциклогексилглицеролевой к-т, эфиры 3-хинуклидиола, 3-тропанола и скопина с глицеролевыми к-тами. Считают, что наиб. активные м-Х. с. комплексно взаимодействуют с активным центром м-холинорецепторов, а менее активные — с др. их участками. Для большинства активных м-Х. с. характерно наличие в структуре замещенной аммониевой группы, циклич. радикала в кислотной части молекулы, цепи, соединяющей катионную группу с циклич. радикалом, и гидроксильной группы, связанной с тем же атомом С, к к-рому присоединены циклич. радикалы. Важную роль во взаимодействиях играет пространств. расположение перечисленных функц. групп. Высокой избирательностью в отношении периферич. м-холинорецепторов обладают нек-рые четвертичные аммониевые соед., к-рые из-за высокой полярности слабо или вовсе не проникают через гистогематич. барьеры. Поэтому они не оказывают действия на центр. нервную систему, а благодаря повышению полярности более полно взаимодействуют с холинорецепторами. К таким периферич. Х. с. относятся метацин

(C₆H₅)₂C(OH)COOCH₂CH₂N⁺(CH₃)₃ I⁻, тровентол (ф-ла I), фубромеган (II), пирензепин (III).



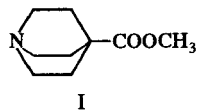
Среди препаратов, преим. действующих на центр. нервную систему, — «центр. холинолитиков», выделяют в-ва с м-холинэргич. активностью — скополамин, амизил (C₆H₅)₂C(OH)COOCH₂CH₂N(C₂H₅)₂·HCl; в-ва с н-холинэргич. активностью — спазмолитин (C₆H₅)₂CHCOOCH₂CH₂N(C₂H₅)₂·HCl, ганглерон (см. *Спазмолитические средства*) и др.; в-ва смешанного действия, влияющие на м- и н-холинорецепторы, — апрофен (C₆H₅)₂(CH₃)₂CCOCH₂CH₂N(C₂H₅)₂·HCl и др. Центр. холинэргич. используют при лечении паркинсонизма и др. заболеваний экстрапирамидной системы, а также в качестве транквилизаторов.

Для большинства м-Х. с. периферического и смешанного (центрального и периферического) действия характерными фармакологич. эффектами являются уменьшение секреции слюнных, желудочных, бронхиальных, потовых желез, поджелудочной железы, учащение ритма сокращений сердца, понижение тонуса гладкомышечных органов (бронхи, желудок, кишечник, желчевыводящие и мочевыводящие пути), расширение зрачка и паралич аккомодации. Эти препараты применяют при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, пилороспазме, холецистите, желчекаменной болезни, спазмах кишечника и мочевыводящих путей, бронхиальной астме, для ограничения секреции экзокринных желез, нек-рых заболеваниях сердца, при болях, связанных со спазмами гладкой мускулатуры, при отравлениях фосфорорг. ингибиторами ацетилхолинэстеразы, а также для диагностики целей.

Лит.: Кузнецов С. Г., Голиков С. Н., *Синтетические атропиноподобные вещества*, Л., 1962; Комиссаров И. В., *Механизмы химической чувствительности синаптических мембран*, К., 1986; Зеймаль Э. В., Шелковников С. А., *Мускариновые холинорецепторы*, Л., 1989; Машковский М. Д., *Лекарственные средства*, 12 изд., ч. 1, М., 1993. Г. Я. Шарф.

ХОЛИНОМИМЕТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА (холинопоэтичные, или холинэргические ср-ва), лек. в-ва, по фармакологич. св-вам близкие к нейромедиатору *ацетилхолину*, т. е. взаимодействующие с холинорецепторами и вызывающие возбуждение холинэргич. окончаний нервных волокон. В связи с наличием в центр. и периферич. нервных системах холинорецепторов разных типов различают мускариновые (м-холинорецепторы) и никотиновые (н-холинорецепторы), избирательно возбуждаемые соотв. алкалоидами мускарином и никотином (см. *Яды растений*). м-Холинорецепторы располагаются гл. обр. в окончаниях постганглионарных холинэргич. нервов (в сердце, гладкой мускулатуре внутр. органов, экзокринных желез и др.); н-холинорецепторы — в области вегетативных ганглиев и в соматич. нервно-мышечных синапсах. В соответствии с этим Х. с. подразделяют на м-холиномиметические (м-Х. с.) и н-холиномиметические (н-Х. с.).

м-Х.с., как и ацетилхолин, замедляют ритм сердечных сокращений и понижают артериальное давление, расширяют периферич. сосуды, усиливают перистальтику желудка и кишечника, вызывают сокращение гладкой мускулатуры бронхов, желчного и мочевого пузырей, матки, сужение зрачка, стимулируют секрецию пищеварит., бронхиальных, потовых и слезных желез. В медицине в качестве м-Х.с. используют синтетич. аналоги ацетилхолина. К ним относятся, в частности, метахолин $\text{CH}_3\text{COOSCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}$, карбахолин $\text{NH}_2\text{COOSCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}$, бетанехол $\text{NH}_2\text{COOSCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}$. Эти в-ва более устойчивы к разрушению ацетилхолинэстеразой, чем ацетилхолин.



Кроме того, м-холинониметич. св-вами обладает ряд хим. соед. разного строения, напр. *пилокарпин*, *ацеклидин* (I; бесцв. кристаллы, хорошо раств. в воде), а также *антихолинэстеразные средства*.

м-Х.с. применяют при послеоперат. атониях кишечника и мочевого пузыря, при облитерирующих заболеваниях периферич. сосудов, глаукоме, нек-рых диагностич. исследованиях.

К н-Х.с. относятся (кроме никотина) ряд в-в разл. строения, напр. такие *аналептические средства*, как бемеград, цитизин, лобелин и анабазин. Их фармакологич. эффекты (возбуждение дыхания, уменьшение действия снотворных и наркотич. в-в, повышение артериального давления и др.) связаны преим. с возбуждением ганглиев вегетативного отдела нервной системы и близких к ним по происхождению каротидных клубочков и надпочечников, а также стимулирующим влиянием на сосудодвигат. и дыхат. центры в продолговатом мозге. н-Х.с. используют в медицине при остановках дыхания во время операций и в качестве ср-в, облегчающих отвыкание от курения.

Г.Я. Шеврич

ХОЛОДИЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ, обеспечивают непрерывное искусств. охлаждение разл. в-в (тел) путем отвода от них теплоты. Естеств. охлаждение с помощью холодной воды или воздуха позволяет охладить в-во до т-ры охлаждающей среды и не требует подвода энергии. Охлаждение до более низких т-р происходит в искусств. холодных средах, на создание к-рых расходуется мех., тепловая или хим. энергия. Охлаждение до т-р выше 120 К принято наз. умеренным, ниже – глубоким или криогенным.

Искусственные холодные среды. Для их получения необходим перенос теплоты с низкого на более высокий температурный уровень, к-рым, как правило, является т-ра окружающей среды. Этот перенос осуществляется с использованием т. наз. обратимых круговых термодинамич. циклов, к-рые в пром-сти обычно реализуются в холодильных установках. В последних холодная среда создается с помощью рабочих тел, наз. холодильными агентами или просто хладагентами (вода, NH_3 , пропан-пропиленовые смеси, хладоны, сжиженные газы – воздух, N_2 , H_2 , Не и др.).

В лаб. практике холодные среды получают, приготавливая т. наз. охлаждающие смеси – системы из двух или неск. твердых (либо твердых и жидких) в-в, при смешении к-рых вследствие поглощения теплоты при плавлении или растворении происходит понижение т-ры. Наиб. употребительны смеси из льда и NaCl (достигаемая т-ра от -20 до $-21,2^\circ\text{C}$), льда и $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (-40°C), твердого CO_2 и этанола (-77°C) и др. Для достижения криогенных т-р в лабораториях применяют сжиженные газы, напр. N_2 (см. также *Теплообмен*).

Термодинамические основы получения холода. Согласно второму началу термодинамики, указанный выше перенос теплоты самопроизвольно не происходит, требуя затрат работы. В термодинамич. процессах подвод или отвод теплоты q описывается через изменение энтропии dS системы: $dq = TdS$, где T – т-ра. Отсюда следует, что при подводе к телу теплоты его энтропия возрастает, а при отводе теплоты – уменьшается. В непрерывных Х. п. хладагент должен принять теплоту от охлаждаемого тела на ниж. температурном уровне,

отдать теплоту на верх. уровне к-л. теплоприемнику и вернуться в исходное состояние. Поэтому в установившемся процессе суммарная энтропия хладагента не изменяется ($dS = 0$).

Поскольку при передаче теплоты от охлаждаемого тела энтропия хладагента повышается, в любой холодильной установке должен проходить иной (компенсирующий) процесс, при к-ром энтропия хладагента уменьшается. В общем случае энтропия м. б. представлена как ф-ция т-ры и к.-л. другого параметра тела (напр., давление, фазовое состояние, степень намагниченности). Поэтому, если имеется изотермич. или близкий к нему процесс, в к-ром наблюдается значит. изменение энтропии при изменении иного параметра, то подобный процесс можно рассматривать как потенциальную основу для создания холодильных установок. К таким процессам относятся, напр., изотермич. процессы сжатия либо адсорбции газов, намагничивания парамагнетиков и сверхпроводников. При этом низкая т-ра достигается соотв. в адиабатич. процессах расширения и десорбции газов, размагничивания парамагнетиков и сверхпроводников (см. ниже).

Перечисленные и иные процессы искусств. охлаждения в большинстве случаев осуществляются: 1) путем теплообмена между охлаждаемыми в-вами и хладагентами – испаряющимися низкокипящими жидкостями, т-ра к-рых за счет уменьшения энтальпии i понижается до т-ры кипения при давлении испарения; 2) изотропный ($i = \text{const}$) расширением газов, предварительно сжатых в компрессорах, или жидкостей при их прохождении через сужение (вентиль, кран, пористая перегородка), т. е. их дросселированием (процесс протекает адиабатически без совершения внеш. работы) с использованием эффекта Джоуля – Томсона, или дроссельного эффекта, – отрицат. либо положит. изменения т-ры тела при отсутствии подвода к телу или отвода от него теплоты; 3) адиабатическим (изоэнтропийным, $S = \text{const}$) расширением газов с совершением внеш. работы в т. наз. детандерах – машинах, устроенных подобно поршневому компрессору или турбокомпрессору (см. *Компрессорные машины*); 4) сочетанием обоих методов расширения. Эти и другие методы получения холода рассмотрены ниже.

Принцип работы холодильных установок. Его удобно иллюстрировать с помощью идеального (воображаемого) Х. п. (цикла) в координатах $p - V$ (рис. 1; p , V – давление в системе и ее объем). При сжатии в компрессоре (процесс BbA) рабочего тела его т-ра T повышается; при этом в окружающую среду с т-рой T_0 передается удельная (на единицу кол-ва хладагента) теплота q_0 (площадь $AbBdcA$) и энтропия рабочего тела понижается; в конце сжатия $T = T_0$. При послед. расширении (процесс AaB) хладагента его т-ра понижается. Затем к нему от охлаждаемой среды переносится теплота q_x (площадь $AaBdcA$) и энтропия рабочего тела возрастает.

Повторяя указанные процессы, получают непрерывный круговой холодильный цикл с постоянной холодопроизводительностью q_x (кол-во теплоты, отнимаемой от

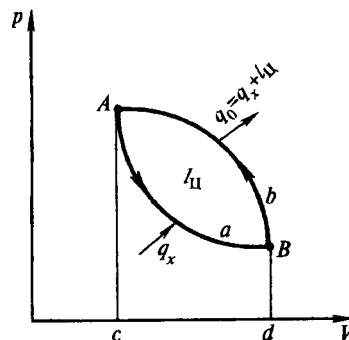


Рис. 1. Идеальный холодильный цикл.

охлаждаемого тела). Расходуемая в цикле мех. работа $l_{\text{ц}}$ (площадь $AaBbA$), параметры q_0 и q_x по закону сохранения энергии связаны между собой выражением: $q_0 = q_x + l_{\text{ц}}$. Энергетич. показатели цикла характеризуются т. наз. холодильным коэффициентом $\epsilon = q_x / l_{\text{ц}}$. Во всех идеальных циклах $l_{\text{ц}}$ минимальна, а ϵ максимален.

Идеальные холодильные циклы и установки

Термодинамич. совершенство реального (необратимого) цикла оценивается сравнением его параметров с параметрами идеального (обратимого) цикла. Отношение холодильного коэф. реального цикла ϵ_r к холодильному коэф. соответствующего идеального цикла $\epsilon_{\text{ид}}$ наз. термодинамическим коэффициентом цикла η_r .

Известны схемы и параметры ряда идеальных циклов: охлаждения, термостатирования, конденсации, сжатия и др.

Идеальный цикл охлаждения. Схема установки, работающей по этому циклу, и его изображение в координатах $T-S$ показаны на рис. 2 (здесь и далее точками 1, 2, 3, ..., n обозначены стационарные характерные состояния рабочего тела, а изменения его параметров, отвечающие происходящим в установке процессам, изображены линиями 1-2 и т. д.). Хладагент изотермически сжимается в компрессоре K_1 от давления p_1 до давления p_2 (процесс 1-2), при этом теплота сжатия q_0 отдается в окружающую среду. Затем происходит адиабатич. расширение рабочего тела в детандере (процесс 2-3, $S = \text{const}$), где за счет совершения работы $l_{\text{Д}}$ хладагентом его т-ра понижается до $T_x = T_3$. В теплообменнике ТО рабочее тело нагревается (процесс 3-4) до т-ры T_4 путем подвода к нему теплоты q_x от охлаждаемого тела (процесс 4'-3') и адиабатически сжимается (процесс 4-1) в компрессоре K_2 до начальных параметров (точка 1). Процесс в ТО характеризуется отсутствием гидравлич. потерь, а также равенством т-р охлаждаемого и рабочего тел во всех сечениях аппарата. Т-ра охлаждаемого тела уменьшается, а затрачиваемая работа $l_{\text{ц}} = l_{K1} + l_{K2} - l_{\text{Д}} = q_0 - q_x$, где l_{K1} и l_{K2} - работы изотермич. и адиабатич. сжатия хладагента в компрессорах.

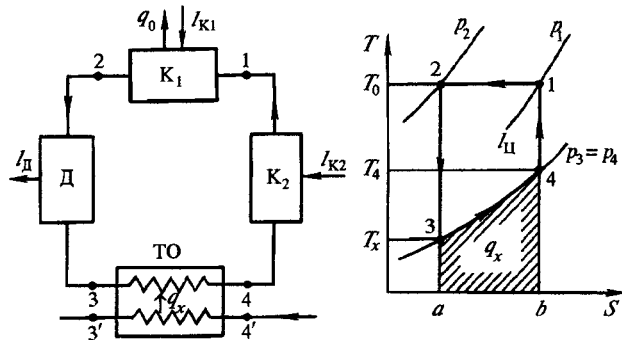


Рис. 2. Идеальный цикл охлаждения.

В тепловых расчетах холодильных циклов удобно использовать связь между изменением энтальпии di хладагента и изменениями его теплоты и рабочих параметров, выражаемую уравнением: $di = dq + Vdp$. Отсюда для наиб. распространенного на практике изобарного охлаждения имеем: $q_x = i_4 - i_3$ и $l_{\text{ц}} = T_0(S_1 - S_2) - (i_4 - i_3)$, где i_3 и i_4 - энтальпии рабочего тела. На рис. 2 работе $l_{\text{ц}}$ эквивалентна площадь 12341, кол-ву отведенной теплоты q_0 - площади 12ab1, кол-ву подведенной к хладагенту или отведенной от охлаждаемого тела теплоты q_x - площади ab43a (здесь и далее заштрихована). В общем случае обратимый процесс 3-4 м. б. не только изобарным, тогда

$$l_{\text{ц}} = T_0(S_1 - S_2) - \int_{T_3}^{T_4} C(p, T) dT,$$

$$\epsilon_{\text{охл}} = (i_4 - i_3) / [T_0(S_1 - S_2) - (i_4 - i_3)],$$

где C - теплоемкость хладагента.

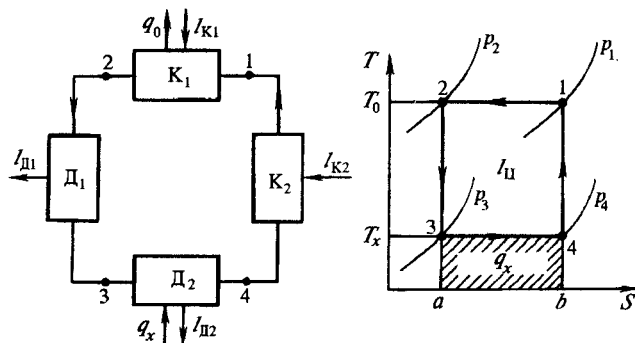


Рис. 3. Идеальный цикл термостатирования.

Этот цикл принимается в качестве идеального для воздушных холодильных, а также криогенных газовых и рефрижераторных установок (см. ниже).

Идеальный цикл термостатирования (рис. 3). Установка отличается от описанной выше тем, что вместо ТО имеется второй детандер, в к-ром рабочее тело изотермически расширяется при т-ре T_x с совершением работы $l_{\text{Д2}}$ и подводом теплоты q_x от термостатируемого объекта. Холодопроизводительность установки:

$$q_x = T_x(S_4 - S_3) = T_x(S_1 - S_2).$$

Кол-во теплоты, отводимой в окружающую среду:

$$q_0 = T_0(S_1 - S_2) = T_0(S_4 - S_3).$$

Работа цикла:

$$l_{\text{ц}} = l_{K1} + l_{K2} - l_{\text{Д1}} - l_{\text{Д2}} = (T_0 - T_x)(S_1 - S_2).$$

Этот цикл, часто наз. также обратным циклом Карно, принимается как идеальный для большинства холодильных и криогенных установок (включая газовые), а также установок кристаллизации. Холодильный коэф. цикла ϵ_x не зависит от св-в хладагента и определяется только т-рами окружающей среды (T_0) и термостатирования (T_x), т. е.

$$\epsilon_x = [T_x(S_4 - S_3)] / [(T_0 - T_x)(S_1 - S_2)] = T_x / (T_0 - T_x).$$

В идеальных условиях для получения холода на разл. температурных уровнях примерный миним. расход энергии составляет: для достижения $q_x = 1$ Вт на уровне 1 К - ок. 300 Вт, на уровне 200 К - всего 0,5 Вт. Реальные затраты энергии значительно выше, особенно в области низких т-р.

В случае протекания всех процессов в области влажного пара при равновесии жидкость - пар (рис. 4; здесь и далее под кривой KLM) изотермы T_0 , T_x и изобары p_1 , p_4 совпадают. Схема холодильной установки упрощается: она включает только компрессор и детандер для изэнтропийного сжатия (процесс 4-1) и расширения (процесс 2-3), а также теплообменник (конденсатор) ТК и теплообменник (испаритель) ТИ, обеспечивающие обратимые процессы передачи теплоты.

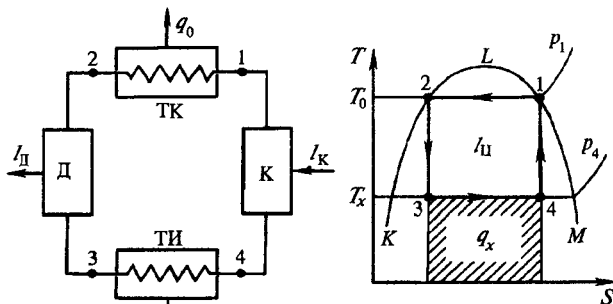


Рис. 4. Идеальный цикл термостатирования в области влажного пара.

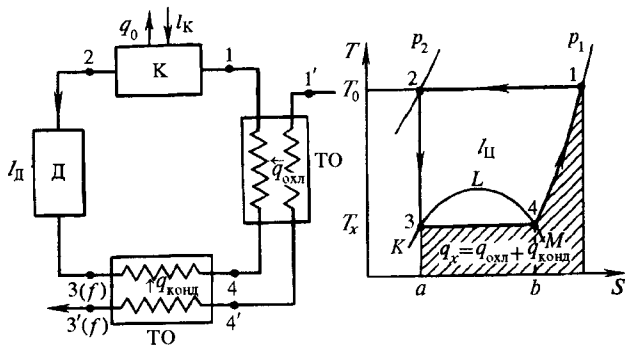


Рис. 5. Идеальный цикл сжижения газов.

Приведенные выше ф-лы для данного случая также справедливы. По такой принципиальной схеме работает большинство установок умеренного холода.

Идеальный цикл сжижения газов (рис. 5). Рабочее тело изотермически сжимается в компрессоре К от давления p_1 до давления p_2 , расширяется в детандере Д до состояния чистой жидкости [точка 3(f)] и направляется в теплообменник ТО. В нем жидкий хладагент в результате кипения (процесс 3-4) превращается в пар (точка 4), к-рый затем нагревается до начальной т-ры T_0 (точка 1). Одновременно сжимаемое в-во подвергается обратным изменениям: охлаждается (процесс 1'-4') от T_0 до т-ры T_x , при к-рой конденсируется (процесс 4'-3') до получения чистой жидкости [точка 3'(f)]. Поскольку все процессы данного цикла обратимы, работа его равна:

$$l_{ц} = [T_0(S_1 - S_2) - (i_1 - i_p)] = T_0(S_1 - S_2) - (i_1 - i_p).$$

Общее кол-во теплоты, отведенной от сжимаемого газа в изобарном процессе 1-4-3 (f), составляет: $q_x = q_{охл} + q_{конд} = i_1 - i_p$, а холодильный коэф.

$$\epsilon_{сж} = (i_1 - i_p) / [T_0(S_1 - S_2)] - (i_1 - i_p),$$

где i_p — энтальпия чистой жидкости.

Показатели этого цикла используются как базовые в установках сжижения газов.

Реальные холодильные циклы и установки

Холодильные циклы и установки, применяемые на практике, значительно отличаются от идеальных. Это обусловлено прежде всего тепловыми и гидравлич. потерями, а также несовершенством происходящих в установках процессов (недорекуперация теплоты, утечка и перетечка хладагента и др.); в ряде случаев — несовершенством собственно холодильных циклов.

Достижимые в установках т-ра, холодопроизводительность и затраты мех. работы существенно зависят от вида и св-в хладагентов. Последние должны обладать способностью поглощать при испарении большое кол-во теплоты, иметь малые уд. объемы пара, невысокие критич. т-ры, вязкости и плотности, высокие коэф. теплоотдачи и теплопередачи, раств. в воде, быть безвредными, пожаробезопасными, доступными и недорогими. Полностью удовлетворить все эти требования не может ни один из применяемых в настоящее время хладагентов. Поэтому при их выборе учитывают назначение холодильных установок, условия их работы и конструктивные особенности.

Установки для получения умеренного холода, наз. также холодильными машинами, подразделяются на воздушные и паровые, а последние — на компрессионные, абсорбционные, адсорбционные и пароэжекторные. Наиб. распространены парокомпрессионные, абсорбционные и пароэжекторные машины.

Парокомпрессионные машины (рис. 6) вырабатывают холод, используя кипение жидкостей при низких т-рах с послед. сжатием образовавшихся паров и их конден-

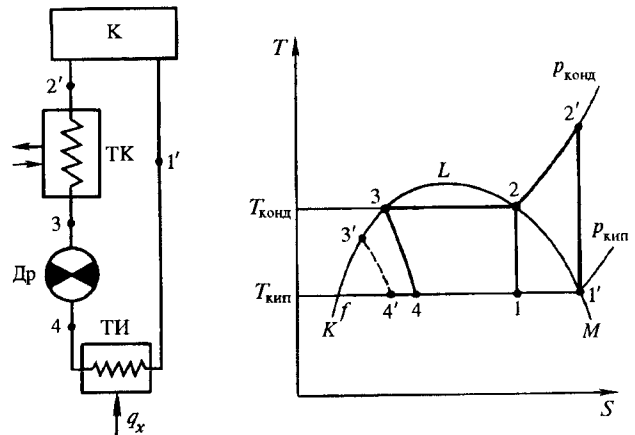


Рис. 6. Схема парокомпрессионной машины и ее холодильный цикл.

сацией. Пары хладагента сжимаются в компрессоре К до давления конденсации $p_{конд}$ и сжимаются в конденсаторе ТК, отдавая теплоту конденсации охлаждающей воде или в окружающий воздух. Жидкий хладагент с помощью устройства Др дросселируется до давления кипения $p_{кип}$, при этом его т-ра снижается до т-ры кипения $T_{кип}$. За счет отвода в испарителе теплоты от охлаждаемого объекта жидкость кипит, а образующиеся пары засасываются компрессором и сжимаются. На практике из-за опасности разрушения компрессора при сжатии парожидкостной смеси (процесс 1-2) жидкость полностью испаряют (процесс 1-1') и сжимают только парообразный хладагент (процесс 1'-2'), к-рый в результате оказывается несколько перегрет (точка 2'). В конденсаторе теплоту перегрева отводя охлаждающей водой (процесс 2'-2); кроме того, для снижения расхода энергии на единицу отнятой от охлаждаемого тела теплоты конденсат немного переохлаждают (процесс 3-3').

Давления $p_{кип}$ и $p_{конд}$ однозначно связаны с $T_{кип}$ и т-рой конденсации $T_{конд}$ св-вами хладагента, а $T_{конд}$ определяется т-рой окружающей среды; поэтому наинизшая т-ра в машине зависит от отношения $p_{конд}/p_{кип}$, т.е. только от возможностей компрессора. Если это отношение велико, сжатие производится в многоступенчатом компрессоре. В рассматриваемых машинах достигают охлаждения до $T_x = 165$ К, q_x от 30-80 до 5 кВт, $\epsilon_{пл} = 0,5 - 7$, $\eta_r = 0,3 - 0,5$.

В **абсорбционных машинах** (рис. 7) пары хладагента поглощаются жидким абсорбентом, из к-рого они затем десорбируются и сжимаются. В качестве хладагента обычно применяют NH_3 , а в качестве абсорбента — воду. Пары NH_3 сжимаются в конденсаторе ТК, теплота конденсации $q_{конд}$ отводится охлаждающей водой или воздухом. В испаритель ТИ дросселируется жидкий NH_3 , при этом его т-ра снижается до T_x . За счет отвода теплоты q_x от охлаждаемой среды NH_3

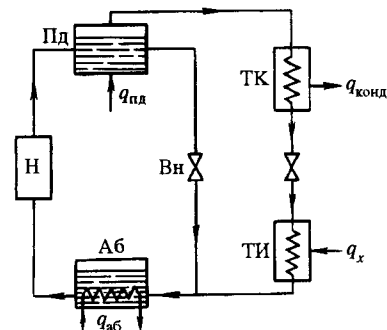


Рис. 7. Схема абсорбционной машины.

кипит, а его пары поступают в абсорбер Аб, где поглощаются разб. р-ром аммиачной воды, непрерывно подаваемой через вентиль Вн; теплота абсорбции $q_{аб}$ отводится в H_2O . Обогащенный р-р аммиачной воды подается насосом Н в подогреватель (кипятильник) Пд, где пары NH_3 отгоняются. Коэф. $\epsilon_{аб} = q_{д}/(q_{пд} + q_{н})$, где $q_{пд}$ – теплота, подводимая в кипятильнике, $q_{н}$ – теплота, эквивалентная мех. работе насоса.

Теоретически при одинаковых т-рах кипения и конденсации хладагента для абсорбц. и паровых компрессионных машин холодильные коэф. равны, однако при низких т-рах T_x компрессионные машины более эффективны. Достоинство абсорбц. машин – возможность использования в них низкопотенциальных источников теплоты; недостатки – громоздкость и большой расход воды. В машинах этого типа т-ра охлаждения достигает 208 К, $q_x = 290 - 7300$ кВт, $\epsilon_{аб} = 0,5 - 0,8$.

Пароэжекторные машины (рис. 8) работают с затратой теплоты; сжатие хладагента осуществляется паровым эжектором, а конденсация – перемешиванием с водой. Рабочий водяной пар под давлением 0,8–1,0 МПа подводится из парогенератора к соплу эжектора Эж, где расширяется, создавая разрежение в испарителе ИИ, смешивается с отсасываемым из него паром и поступает в диффузор под давлением конденсации. В конденсаторе ТК водяной пар сжимается, конденсат частично подается в испаритель для восполнения потерь, а его осн. масса возвращается в парогенератор. При испарении в ИИ вода охлаждается, по замкнутому контуру поступает к холодильной камере ХК, подогревается и возвращается в испаритель. Для этих машин T_x достигает 283 К. Коэф. $\epsilon_{пэ} = q_x/q_{пар}$ ($q_{пар}$ – теплота, затрачиваемая на получение пара высокого давления), значительно ниже, чем для парокомпрессионных, а в нек-рых случаях и абсорбц. машин.

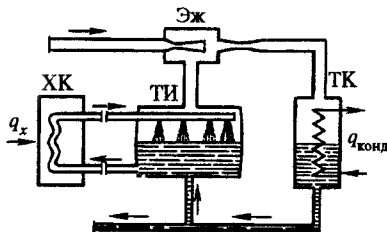


Рис. 8. Схема пароэжекторной машины.

Установки для получения холода на криогенном уровне (КУ). Эти установки, наз. также просто криогенными, по назначению бывают рефрижераторные (вырабатывают низкотемпературный холод), ожигительные, газоразделительные и комбинированные. По способу получения холода различают след. циклы КУ: с дросселированием ($i = \text{const}$), расширением в детандере ($S = \text{const}$), дросселированием и расширением в детандере, криогенных газовых машин, с выхлопом газа из постоянного объема и др.

В циклах КУ особенно важен способ отвода теплоты от охлаждаемого тела, к-рое при охлаждении «приобретает» все т-ры от T_0 до T_x . Идеальным для данного случая является процесс $4' - 3'$ (рис. 2) или процесс $1' - 4'$ (рис. 5), т. е. непрерывный отвод теплоты на каждом температурном уровне в интервале $T_0 - T_x$. В реальных циклах осуществить такой отвод теплоты невозможно. Нек-рого приближения к этому способу можно достигнуть применением ряда ступеней охлаждения на неск. промежуточных уровнях. Для охлаждения при $T_x = 150 - 250$ К обычно достаточно использовать цикл с одной ступенью, для сжижения воздуха, O_2 или N_2 ($T_x = 70 - 90$ К) – с двумя ступенями, водорода ($T_x = 20$ К) – с двумя-тремя ступенями, гелия ($T_x = 4 - 5$ К) – не менее чем с тремя ступенями. Температурные уровни T_m ($m = 1, 2, 3, \dots$) каждой из n ступеней охлаждения в интервале $T_0 - T_x$ можно оценить по ф-ле:

$$T_m = \sqrt[n]{T_0^{n-m} T_x^m}.$$

Применение того или иного цикла, а также аппаратное оформление КУ зависят от большого числа факторов (главный из них – необходимая холодопроизводительность, стоимость единицы холода и надежность работы установок). Поэтому в общем случае расчет и оптимизация криогенных установок представляют собой сложную задачу.

Установки с дроссельными циклами отличаются исключит. простотой и надежностью в работе, вследствие чего широко распространены в произ-ве холода и сжиженных газов. Однако из-за низкой экономичности эти установки пригодны лишь для получения холода в небольших кол-вах.

В установке с однократным, или простым, дросселированием (цикл Линде – Хемпсона; рис. 9) газ изотермически сжимается в компрессоре К (процесс 1–2), изобарно охлаждается в теплообменнике ТО до т-ры T_3 , расширяется (при $i = \text{const}$) в дроссельном вентиле Др от давления сжатия p_2 до давления всасывания p_1 (процесс 3–4); при этом газ частично конденсируется. Жидкость в кол-ве X [доля сжиженного газа по отношению к кол-ву дросселируемого; кол-во последнего принимают за единицу, на рис. обозначают (1)] в состоянии f выводится из сборника Сб, а пар в кол-ве $(1-X)$ возвращается через ТО в компрессор. В точке 1 к нему добавляется газ в кол-ве X , и цикл повторяется. Холодопроизводительность $q_x = T_x(S_5 - S_4) = i_1 - i_2 = i_5 - i_4 = X(i_1 - i_f)$. Доля выводимого сжиженного газа $X_f = (i_1 - i_2)/(i_1 - i_f)$; $\epsilon_{х,од} = (i_1 - i_2)/[RT_0 \ln(p_2/p_1)]$, где R – газ. постоянная.

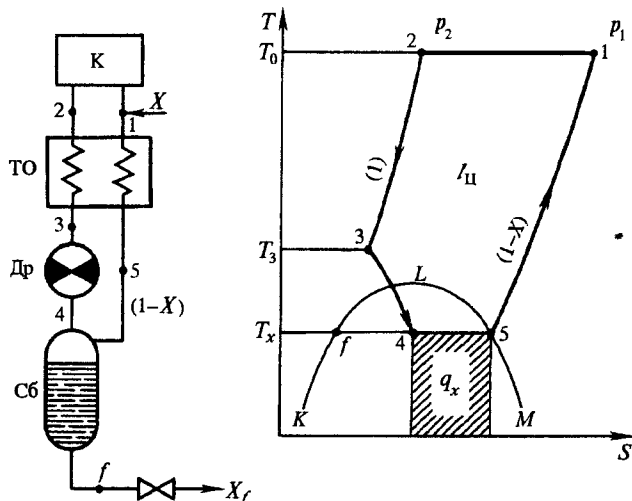


Рис. 9. Схема криогенной установки с однократным дросселированием.

В идеальном дроссельном воздушном цикле очень малы доля получаемой жидкости (~5,5%) и холодильный коэф. (~7%); коэф. $\eta_r \approx 5\%$. В реальном цикле из-за тепловых потерь в окружающую среду, недорекуперации теплоты в ТО, а также неизотермичности сжатия значения $\epsilon_{х,од}$ и η_r м. б. существенно ниже (в 2–3 раза и более).

Кроме низкой эффективности, простой дроссельный цикл оказывается принципиально непригодным при $i_1 < i_2$. Известны методы повышения эффективности такого цикла. Главный из них – предварт. охлаждение сжатого газа от внеш. источника. Так, в воздушном дроссельном цикле с промежуточным охлаждением до 228 К ($T_0 = 300$ К) доля получаемой жидкости увеличивается до ~16,5%, а η_r – до 15%.

Параметры криогенного цикла можно значительно улучшить применением двойного дросселирования и циркуляции части потока (рис. 10; D_1 и D_2 – потоки циркуляционный и направляемый на сжижение). В первом приближении холодопроизводительность такого цикла пропорциональна разности конечного (p_k) и начального (p_n) давлений хладагента: $q_x \sim (p_k - p_n)$, а мех. работа $l_k \sim \ln(p_k/p_n)$. Поэтому холодиль-

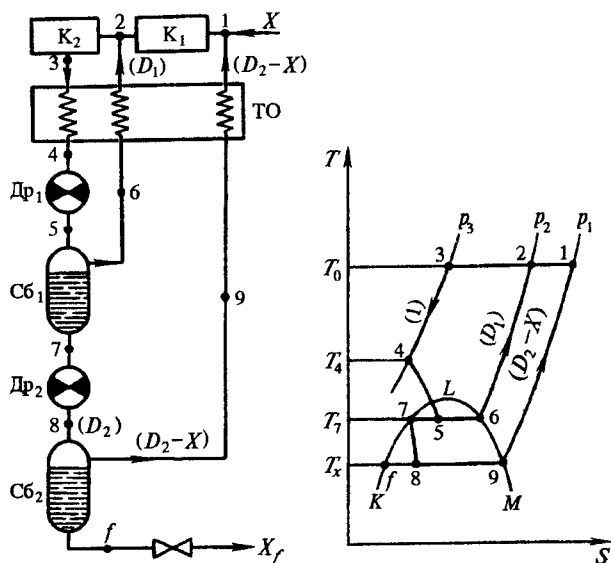


Рис. 10. Схема криогенной установки с двойным дросселированием.

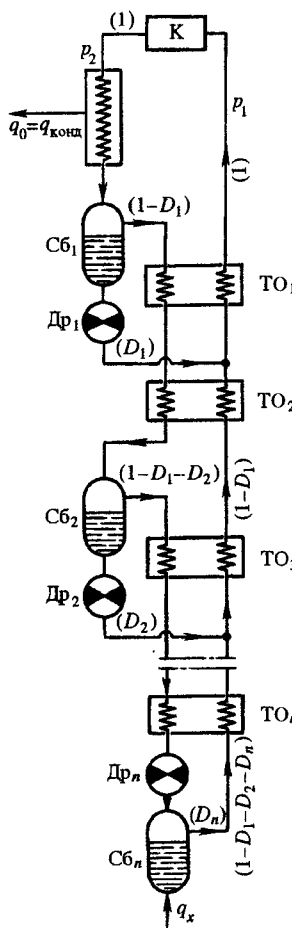


Рис. 11. Схема криогенной установки, работающей на смеси хладагентов.

ный коэф. при увеличении p_n существенно возрастает (при $p_n = 20$ МПа и повышении p_n с 0,1 до 10 МПа коэф. $\epsilon_{\text{ж.д}}$ увеличивается по сравнению с $\epsilon_{\text{ж.од}}$ в 3,2 раза). При одинаковых давлениях p_1 и p_3 доля сжиженного газа X по сравнению с долей газа при простом дросселировании уменьшается примерно на 15%, однако снижается на 40% мех. работа компрессора и на столько же процентов возрастает η_r .

Совершенствование циклов с дросселированием достигается применением в качестве рабочей среды смеси хладагентов (рис. 11) с разл. т-рами конденсации в интервале $T_0 - T_x$. Такая смесь сжимается в компрессоре К, при этом на уровне T_0 ($p = p_2$) конденсируется часть потока — компонент с самой высокой т-рой конденсации. В сборнике $СБ_1$ происходит разделение фаз: пар направляется в теплообменник $ТО_1$, а жидкость в кол-ве D_1 дросселируется через вентиль $Др_1$ в обратный поток. После охлаждения в $ТО_2$ часть прямого потока снова конденсируется и т.д. Процесс продолжается до достижения наинизшей т-ры T_x — т-ры конденсации последнего компонента смеси при давлении p_1 . Криогенные установки и методы расчета состава смесей хладагентов достаточно сложны, но получаемый в результате эффект весьма значителен.

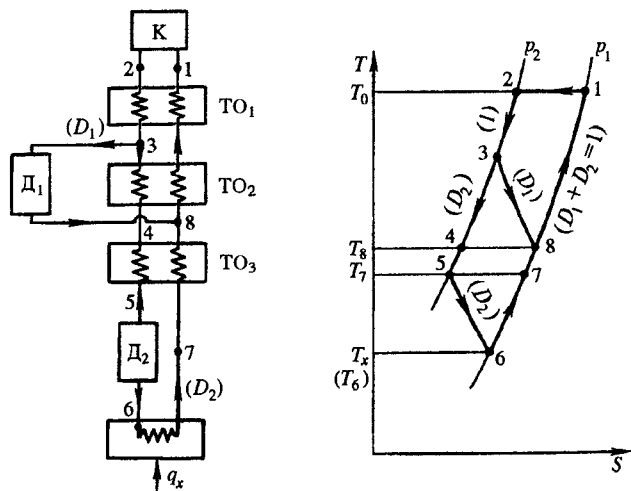


Рис. 12. Схема криогенной рефрижераторной установки с двумя детандерами.

Установки с детандерными циклами. К этой группе обычно относят т. наз. рефрижераторные установки (хладагент циркулирует только внутри системы), в к-рых используются один или несколько (напр., два; рис. 12) детандеров на разных температурных уровнях, в т.ч. на самом нижнем. После изотермич. сжатия в компрессоре газ охлаждается в теплообменнике $ТО_1$, из к-рого часть газа в кол-ве D_1 отводится в детандер $Д_1$, расширяется в нем и поступает в теплообменник $ТО_2$ в качестве обратного потока. Оставшаяся часть газа в кол-ве D_2 после охлаждения в теплообменниках $ТО_2$ и $ТО_3$ расширяется в детандере $Д_2$; при этом в установке достигается наинизшая т-ра (T_x). При понижении т-ры охлаждаемого объекта от T_7 до T_6 рабочий газ подогревается от T_6 до T_7 и как обратный поток подается в теплообменник $ТО_3$. Холодопроизводительность $q_x = D_1 h_1 + D_2 h_2 + (i_1 - i_2)$, где h — разность энтальпий газа на входе в детандер и выходе из него. Термодинамич. эффективность реальных детандерных циклов зависит от T_x , однако достаточно высока ($\eta_r = 0,2 - 0,4$).

Установки с дросселированием и расширением в детандерах широко распространены для сжижения газов и получения холода на любых температурных уровнях (вплоть до неск. К). Число детандеров, к-рые могут работать параллельно или последовательно, изменяется от 1 до 4. Благодаря отводу теплоты на неск. температурных уровнях термодинамич. эффективность этих установок достаточно высока и достигает в цикле без потерь 75%. Циклы с одним детандером и дросселем используются для произ-ва O_2 , N_2 и Ar (см. *Воздуха разделение*).

В зависимости от давления в системе различают циклы высокого (20 МПа), среднего (4–6 МПа) и низкого (0,6 МПа) давлений. В цикле высокого давления (цикл Гейланда) детандер работает на самом верх. температурном уровне (рис. 13). Кол-ва газа, направляемые в детандер и дроссель, примерно равны. Такая установка обладает наилучшими (по сравнению с установками среднего и низкого давлений) термодинамич. показателями (доля сжиженного газа $X = 20\%$, коэф. $\eta_r = 18\%$), однако не может обеспечить большой холодопроизводительности, т.к. использует поршневые компрессоры и детандеры.

В цикле низкого давления детандер работает на самом низком температурном уровне (рис. 14). Кол-во газа, направляемого в детандер, составляет ок. 96%, в дроссель — лишь 4%. Энергетич. показатели подобных установок значительно хуже, чем для установок высокого давления ($X = 6\%$, $\eta_r \approx 12,5\%$). Однако в качестве детандеров и компрессоров применяют только турбомашинны, что обеспечивает возможность переработки больших кол-в материальных потоков (до 300 тыс. $m^3/ч$ воздуха). Впервые цикл низкого давления осуществил П. Л. Капица, к-рый сконструировал высокоэффек-

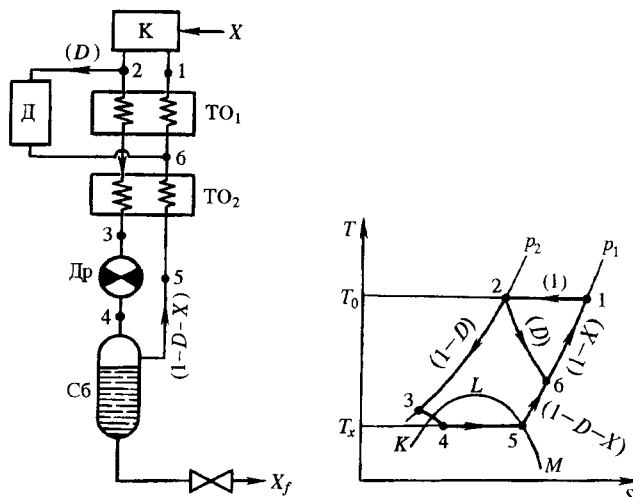


Рис. 13. Схема криогенной установки, работающей по циклу высокого давления.

тивный турбодетандер, способный работать на уровне ~ 100 К.

Криогенные газовые машины нашли применение благодаря высокой компактности и эффективности. Наиб. распространены машины, работающие по идеальному холодильному циклу Стирлинга, а также по циклу Гиффорда – Мак-Магона. В холодильном цикле Стирлинга (рис. 15) два поршня движутся в цилиндре прерывисто со сдвигом по фазе. Между поршнями размещен регенератор Р, к-рый делит рабочую полость на теплую и холодную части. Газ изотермически сжимается (процесс 1–2), параллельным движением поршней изохорно перемещается через регенератор (процесс 2–3) и охлаждается до т-ры T_x . Затем за счет движения правого поршня газ расширяется, его т-ра снижается и от охлаждаемого тела к нему подводится теплота (процесс 3–4). Поршни параллельно сдвигаются влево, холодный газ изохорно перемещается через регенератор, охлаждая его, и процесс повторяется.

Одноступенчатые машины используют для получения холода на уровне 150–70 К и до 40 К при небольшой холодопроизводительности; $\epsilon \approx 0,1$, $\eta_r = 20 - 42\%$. Более низких т-р

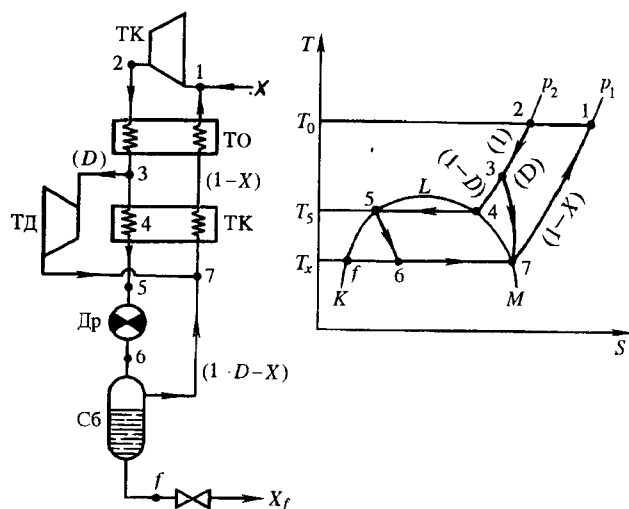


Рис. 14. Схема криогенной установки, работающей по циклу низкого давления.

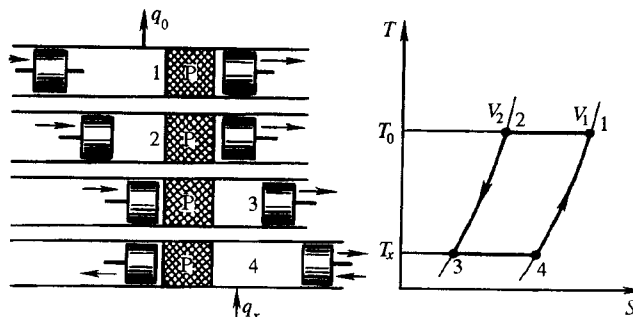


Рис. 15. Схема криогенной газовой машины, работающей по циклу Стирлинга.

достигают, применяя двухступенчатые машины ($\eta_r = 10\%$); трехступенчатые машины обеспечивают $T_x = 8,5$ К.

В машинах, работающих по циклу Гиффорда – Мак-Магона, холод вырабатывается с помощью заплового выхлопа газа. Одноступенчатые машины используют для получения небольших кол-в холода на уровне до 35 К, а двухступенчатые – до 7 К. Коэф. η_r для этих машин меньше, чем для машин, работающих по циклу Стирлинга.

Из-за сложности аппаратного оформления Х.п. трудно моделируются. Поэтому их исследования и испытания холодильного оборудования выполняют, как правило, не на лабораторных, а на стендовых (полупромышленных) и пром. образцах, реальных хладагентах и в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным.

Установки на основе нетрадиционных методов получения холода

Наряду с рассмотренными выше существует также ряд иных перспективных, но еще недостаточно часто используемых методов, лежащих в основе функционирования холодильных установок.

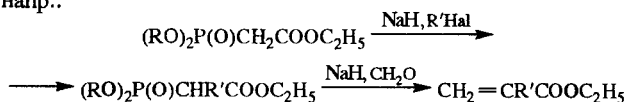
Метод откачки паров криогенных жидкостей приводит к их существ. переохлаждению (напр., для жидкого O_2 с т. кип. $\sim 90,2$ К до 54,361 К – т-ры тройной точки), а также позволяет получать разл. смеси льда и жидкости из одного и того же в-ва, напр. H_2 . Метод десорбционного охлаждения заключается в изотермич. адсорбции активным углем рабочего газа (He , Ne) с отводом теплоты процесса в жидкий H_2 (N_2) и послед. адиабатич. десорбции газа, при к-рой т-ры хладагента и адсорбента снижаются: при $T_0 = 14$ К (т-ра начала десорбции) достигается охлаждение до $T_x = 4$ К (т-ра конца десорбции).

Метод, основанный на эффекте Пельтье, состоит в пропускании электрич. тока через контакт двух разнородных проводников; при изменении направления тока выделение теплоты сменяется ее поглощением, возможный перепад т-р $\Delta T = 140$ К, а коэф. ϵ установки зависит от ΔT . Понижение т-ры также происходит: при взаимном растворении в-в (3He в сверхтекучем 4He); при тангенциальном вводе сжатого газа (воздуха) с большой скоростью в т. наз. вихревую трубу, в к-рой в результате сложного вихревого движения газ расслаивается на горячий и холодный потоки (эффект Ранка); в волновых криогенераторах, где в условиях установившегося движения газа осуществляется его волновое расширение с генерацией акустич. автоколебаний и отводом энергии в виде теплоты в спец. устройствах – резонаторах; при воздействии сильного магн. поля на помещенное в термостат парамагн. в-во с послед. адиабатным его размагничиванием (магнитокалорический эффект) и т. д.

Области применения Х. п.

Х.п. используют практически во всех областях науки, техники, произ-ва и в быту. Один из наиб. крупных потребителей холода – химико-лесной комплекс, для мн. произ-в

что позволяет синтезировать олефины сложного строения, напр.:

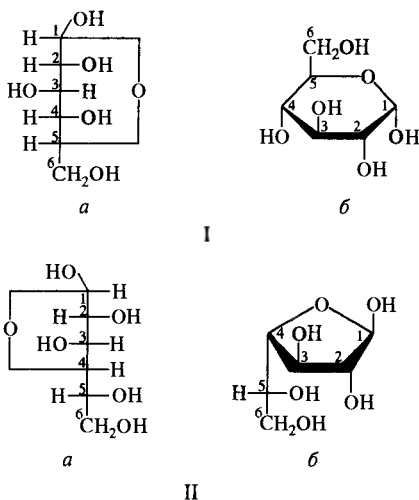


Кетены в условиях X. р. дают аллены, α -дикетоны - сопряженные диены, оксиды олефинов - производные циклопропана.

X. р. используют в лаб. практике. Открыта Л. Хорнером с сотрудниками в 1958.

Лит.: Домбровский А.В., Домбровский В.А., «Успехи химии», 1966, т. 35, в. 10, с. 1771-87; Horner L. [и др.], «Chem. Ber.», 1958, Bd 91, № 1, S. 61-63; Wadsworth W.S., в кн.: Organic reactions, v. 25, N.Y.-L., 1977, p. 73-253; Stec W.J., «Acc. Chem. Res.», 1983, v. 16, № 11, p. 411-17. Г.И. Дрозд.

ХОУОРСА ФОРМУЛЫ (Хеуорса ф-лы), изображение на плоскости пространств. структур циклич. соед. При построении X. ф. цикл условно считают плоским (на самом деле молекула м. б. в конформации кресла или ванны) и проецируют на плоскость под нек-рым углом; при этом ближняя к наблюдателю часть кольца на чертеже располагается снизу и обычно выделяется более жирной линией (рис.). В моносахаридах кислородный атом цикла располагают обычно на наиб. удалении от наблюдателя (в случае пиранозного цикла - справа).



Формулы Фишера (а) и Хоуорса (б) для моносахаридов - α -D-глюкопиранозы (I) и β -L-галактофуранозы (II).

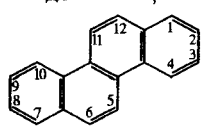
Атомы или группы атомов, изображаемые в ф-лах Фишера слева и справа, в X. ф. располагаются соотв. над и под плоскостью цикла. Боковые цепи при атоме C-5 в пиранозах или при C-4 в фуранозах изображают над плоскостью цикла при D-конфигурации атома углерода и под плоскостью - при L-конфигурации (см. Номенклатура стереохимическая).

Предложены У. Хоуорсом (Хеуорсом) в 1926.

М.А. Федоровская.

ХРИЗЕН, мол. м. 228,3; бесцв. кристаллы, т. пл. 255-256 °С, т. кип. 448 °С (с возг.); d_4^{20} 1,274; легко раств. в горячих бензоле и ксилоле, трудно - в этаноле, ледяной CH_3COOH , диэтиловом эфире, CS_2 .

Обладает св-вами ароматических соединений. При гидрировании над Ni превращается в 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12-декагидрохризен, хромовой к-той или $Na_2Cr_2O_7$ при кипячении в ледяной CH_3COOH окисляется в хризен-5,6-хинон.



Хлорируется SO_2Cl_2 в нитробензоле с образованием 6-хлорхризена, Cl_2 при 100 °С - 6,12-дихлорхризена. Нитруется до 6-нитрохризена HNO_3 в CH_3COOH , до 6,12-динитрохризена -

кипятием в HNO_3 . Взаимод. X. с $HOSO_2Cl$ в тетрачлорэтаноле приводит к хризен-6-сульфоислоте. С бензоилхлоридом в присут. $AlCl_3$ образует смесь пл. обр. 6-бензоилхризена и 2,8-дibenzoилхризена.

X. содержится в кам.-уг. смоле в кол-ве 0,42-2,0% по массе. В пром-сти его отделяют от др. компонентов высококипящей фракции кам.-уг. смолы экстракцией CS_2 ; остающийся в осадке X. перекристаллизуют из ксилола. Лаб. методы получения - пропускание через раскаленную трубку бензил(1-нафтил)метана или смеси кумарона и нафталина.

X. - промежут. продукт в произ-ве красителей.

По нек-рым данным, X. и особенно его метилпроизводные обладают канцерогенными св-вами.

Лит.: Клар Э., Полициклические углеводороды, пер. с англ., т. 1, М., 1971, с. 240-52; Соколов В.З., Харлампович Г.Д., Производство и использование ароматических углеводородов, М., 1980. Н.Н. Артамонова.

ХРОМ (от греч. χρῶμα - цвет, краска; из-за яркой окраски соед.; лат. Chromium) Cr, хим. элемент VI гр. периодич. системы, ат. н. 24, ат. м. 51,9961. Природный X. состоит из смеси 4 изотопов ^{50}Cr (4,35%), ^{52}Cr (83,79%), ^{53}Cr (9,50%) и ^{54}Cr (2,36%). Поперечное сечение захвата тепловых нейтронов для X. $3,1 \cdot 10^{-28} m^2$.

Конфигурация внеш. электронных оболочек атома $3d^5 4s^1$; степени окисления +2, +3, +6, реже +4, +5 и +1; энергия ионизации при переходе от Cr^0 к Cr^{6+} 6,766, 16,49, 30,96, 49,1, 69,3 и 90,6 эВ; сродство к электрону 1,6 эВ; электроотрицательность по Полингу 1,66; атомный радиус 0,127 нм, ионные радиусы, в нм (в скобках указаны координац. числа): для Cr^{2+} 0,073 (6), Cr^{3+} 0,0615 (6), Cr^{4+} 0,041 (4), 0,055 (6), Cr^{5+} 0,0345 (4), 0,049 (6) и 0,057 (8), для Cr^{6+} 0,026 (4) и 0,044 (6).

Содержание X. в земной коре 0,035% по массе, в воде морей и океанов $2 \cdot 10^{-5}$ мг/л. Известно более 40 минералов X., из них для извлечения X. используют только хромит $FeCr_2O_4$, точнее хромшпинелиды $(Mg, Fe)(Cr, Al, Fe)_2O_4$. Нек-рые др. минералы: крокоит $PbCrO_4$, волконскоит $Cr_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$, уваровит $Ca_2Cr_2(SiO_4)_3$, вокелинит $Pb_2Cu[CrO_4]PO_4$, феникохромит $Pb_3O(CrO_4)_2$. Сульфидные минералы X. обнаружены в метеоритах.

Свойства. X. - голубовато-белый металл. Кристаллич. решетка объемноцентрированная кубич. $a = 0,28845$ нм, $z = 2$, пространств. группа $Im\bar{3}m$. При 312 К (точка Нееля) переходит из парамагнитного в антиферромагнитное состояние. Еще один переход (без изменения структуры) фиксируется при 170-220 К. Т. пл. 1890 °С, т. кип. 2680 °С; плотн. 7,19 г/см³; C_p^0 23,3 Дж/(моль·К); $\Delta H_{пл}$ 21 кДж/моль, $\Delta H_{исп}$ 338 кДж/моль; S_{298}^0 23,6 Дж/(моль·К); ур-ния температурной зависимости давления пара для твердого X. $\lg p$ (мм рт. ст.) = $11,454 - 22598/T - 0,406 \lg T + 0,781T$ (298 - 2163 К), для жидкого X. $\lg p$ (мм рт. ст.) = $9,446 - 18204/T + 0,114 \lg T$ (2163 - 2950 К); температурный коэф. линейного расширения $4,1 \cdot 10^{-6} K^{-1}$; теплопроводность 88,6 Вт/(м·К); ρ $0,15 \cdot 10^{-6}$ Ом·м, температурный коэф. ρ $3,01 \cdot 10^{-3} K^{-1}$. Парамагнитен, магн. восприимчивость $+3,49 \cdot 10^5$. Модуль нормальной упругости (для отожженного X. высокой чистоты) 288,1 ГПа; $\sigma_{раст}$ 410 МПа; относит. удлинение 44%; твердость по Бринеллю 1060 МПа. X. техн. чистоты хрупок, приобретает пластичность выше 200-250 °С.

Стандартный электродный потенциал -0,74 В (относительно р-ра Cr^{3+}). X. устойчив на воздухе (однако тонкоизмельченный пирофорен) и к действию воды. Нагретый в кислороде до ~300 °С сгорает с образованием Cr_2O_3 (см. Хрома оксиды). Раств. в соляной и разб. серной к-тах. В конц. HNO_3 , $HClO_4$, H_3PO_4 и под действием окислителей легко пассивируется. Пассивный X. очень устойчив. Р-ры щелочей на X. не действуют, расплавленные щелочи в отсутствие воздуха очень медленно реагируют с выделением H_2 .

Фтор действует на X. выше 350 °С. Сухой хлор начинает реагировать с X. выше 300 °С, влажный хлор начинает действовать уже с 80 °С. Бром и иод действуют на X. при т-ре красного каления, также как HF и HCl. См. Хрома галогениды.

С водородом X. непосредственно не взаимодействует. Р-имость H_2 в X. 0,44 ат. % при 800 °С, но электролитич. X.

может содержать значительно большие кол-ва – до 300 атомов на объем металла. Путем электролиза можно получить и гидриды – CrH с гексагон. решеткой и кубич. гидрид, чей состав приближается к CrH_2 . Эти металлоподобные гидриды при нагр. легко теряют водород.

Азот поглощается тонким порошком Х. при 800–1000 °С с образованием нитрида CrN , а при 1200–1300 °С – Cr_3N . Но обычно эти нитриды (табл.) получают действием NH_3 на Х. (при ~ 850 °С). Нитриды, особенно CrN , обладают высокой хим. стойкостью. Их используют как компоненты твердых сплавов, катализаторы, а мононитрид – как полупроводниковый материал для термоэлектрич. генераторов. Х. сплавляется с бором, углеродом и кремнием с образованием соств. боридов, карбидов и силицидов. Их применяют как компоненты твердых, жаростойких сплавов, износостойчивых и химически стойких покрытий. С оксидами углерода Х. не взаимодействует.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА

Соединение	Сингония	Параметры решетки, нм			Т. пл., °С	Плотн., г/см ³	$\Delta H_{\text{обр.}}$, кДж/моль
		a	b	c			
Cr_2B	Ромбич.	1,471	0,741	0,425	1870	6,07	—
Cr_2B_3	Тетрагон.	0,546	—	1,064	1890 ^a	6,03	—
Cr_2B	Ромбич.	0,2969	0,7858	0,2932	2090	6,17	—
Cr_2B_4	»	0,2986	1,302	0,2952	2070	5,22	—
CrB_2	Гексагон.	0,2969	—	0,3066	2200	5,6	-125,6
CrB_4	Ромбич.	0,4744	0,5477	0,2866	1600 ^b	—	—
Cr_2C_6	Кубич.	1,0638	—	—	1520	7,0	-209,4
Cr_7C_3	Гексагон.	1,398	—	0,4532	1780	6,9	-178
Cr_3C_2	Ромбич.	0,2821	0,552	1,146	1895	6,68	-88
Cr_3Si	Кубич.	0,4564	—	—	1770	—	-138
Cr_2Si_3	Тетрагон.	0,9178	—	0,4659	1680	5,5	-327
CrSi	Кубич.	0,4629	—	—	1475 ^a	5,37	-71
CrSi_2	Гексагон.	0,4422	—	0,6351	1490	—	-101
Cr_3N	Гексагон.	0,4806	—	0,4479	1650	6,5	-128,6
Cr_2N	Кубич.	0,4148	—	—	1500 ^b	5,8	-123,4

^a Инконгруэнтно. ^b С разложением.

Пары S действуют на Х. при т-рах выше 400 °С с образованием серии сульфидов от CrS до Cr_5S_8 . Сульфиды образуются также при действии H_2S (~ 1200 °С) и паров CS_2 . При сплавлении с Se Х. дает селениды, по составу аналогичные сульфидам. Теллуриды имеют состав от CrTe до CrTe_3 . Металлы с сексвиальными гексагон. решетками типа NaHF_2 . Для К, Rb и Cs известны также соед. типа MCr_5S_8 . Двухвалентные металлы образуют соед. состава MCr_2X_4 , почти все они имеют структуру шпинели, часть их при высоких т-рах и давлениях переходит в структуру типа NiAs. Для РЗЭ известны соед. типа MCrX_3 .

Для Х. характерна способность к образованию многочисленных комплексных соед. в разных степенях окисления. Образование комплексов стабилизирует низшие степени окисления Х. Так, Cr(I) известен только в виде комплексов, напр. $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{CN})_5\text{NO}]$. Соед. Cr(II) неустойчивы, это сильные восстановители, легко окисляются на воздухе. Их водные р-ры (небесно-голубого цвета, тогда как безводные соли бесцветные) сохраняются только в инертной атмосфере. Из р-ров кристаллизуются гидраты, напр. $\text{Cr}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Из комплексов Cr(II) самый распространенный синий $\text{K}_4[\text{Cr}(\text{CN})_6]$, дающий красно-оранжевые р-ры.

Соед. Cr(III) наиб. устойчивы. В водных р-рах катион Cr(III) существует в виде инертного аквакомплекса $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ с очень малой скоростью обмена молекул воды на др. лиганды. Вследствие этого соли в р-рах и в кристаллич. состоянии существуют в виде разноокрашенных изомеров – фиолетовых, содержащих указанный гексааквакатион, и зеленых, в к-рых анионы входят во внутр. сферу комплекса. Известно множество комплексов Cr(III) с координац. числом 6 и октаэдрич. конфигурацией, в большинстве химически

инертных. К их числу относятся комплексы с нейтральными лигандами (из них наиб. изучены амины) и с разнообразными анионами (галогенидные, цианидные, роданидные, сульфатные, оксалатные и др.). Характерны полиядерные формы комплексов с гидроксидными, кислородными, амминными, роданидными мостиками.

Нитрат $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ – пурпурные или темно-фиолетовые кристаллы; т. пл. 66 °С, т. разл. 125 °С, S_p^0 455 Дж/(моль·К); S_{298}^0 507 Дж/(моль·К). Хорошо раств. в воде (44,8% по массе при 25 °С, в пересчете на безводную соль), этаноле и ацетоне, фиолетовый водный р-р при кипячении зеленеет. Описаны светло-голубой безводный нитрат, а также гидраты $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$: красновато-фиолетовый, $n = 12,5$; темно-коричневый и фиолетовый, $n = 7,5$; голубовато-зеленый, $n = 3$ и др. Получают нитрат взаимодей. Cr(OH)_3 с HNO_3 или $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ с $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ в водном р-ре; применяют как протраву при крашении тканей, добавку при синтезе катализаторов.

Соед. Cr(IV) немногочисленны – это простые и комплексные галогениды, а также хроматы(IV). Cr(V) реализуется в осн. в оксогоалогенидах, напр. в CrOF_3 , в хроматах(V) и в галогенохроматах типа $\text{M}_2[\text{CrOCl}_3]$ или $\text{M}[\text{CrOF}_4]$. Cr(VI) образует многочисленные хроматы. В р-рах он может присутствовать в виде ионов CrO_3X^- , где X – галоген, $\text{CrO}_3(\text{OSO}_3)^{2-}$ и т. д. Соед. Cr(VI) – сильные окислители. См. также *Хрома карбонилы*, *Хрома сульфаты*, *Хроморганические соединения*.

Определение. Х. относится к аналит. группе $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. Для его обнаружения применяют р-ции с H_2O_2 (синее окрашивание вследствие образования надхромовой к-ты), хромотроповой к-той (красное окрашивание), бензидином (синее окрашивание).

Для определения Х. используют титриметрич. методы – титрование р-ром соли Мора $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ после предварит. окисления Cr(III) персульфатом аммония, H_2O_2 и др. Для определения Cr(III) применяют комплексометрич. метод (обратное титрование избытка комплексона разл. солями), потенциометрич. и амперометрич. титрование.

Для определения малых концентраций Х. используют фотометрич. методы, гл. обр. основанные на р-ции с дифенилкарбазидом (красно-фиолетовое окрашивание). Методы, основанные на собств. окраске ионов Cr(III) , хромат- и дихромат-ионов, а также синей окраске надхромовой к-ты, менее чувствительны.

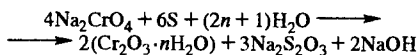
Известны полярографич., люминесцентные, кинетич. методы определения Х. Перспективны газохроматографич. методы с использованием ацетилацетона и, особенно, его фторпроизводных – трифтор- и гексафторацетилацетона.

Применяют разнообразные физ. методы определения Х., в первую очередь – спектральный анализ. Наиб. интенсивные линии спектра Х. отвечают длинам волн 425,435, 427,480 и 428,972 нм. Часто используют также линии УФ области, напр. 283,56 и 301,48 нм. При определении малых кол-в Х. применяют методы предварит. отделения примесей и концентрирования путем отгонки, экстракции, осаждения и т. п.

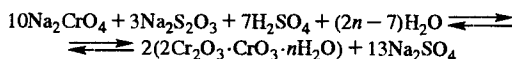
Для определения Х. используются атомно-абсорбционная спектроскопия, рентгенофлуоресцентный анализ и, особенно, радиоактивационный анализ.

Получение. Хромитовые руды большей частью не обогащаются. Непосредств. металлургич. переработка хромитовых руд позволяет получать путем восстановит. плавки в электропечах только феррохром с содержанием 60–70% Cr (см. *Хрома сплавы*), используемый в черной металлургии. Имеются способы получения из феррохрома соед. Х., но гл. обр. их произ-во основано на окислит. обжиге хромита с Na_2CO_3 и доломитом при 1100–1200 °С. Образовавшийся Na_2CrO_4 выщелачивают водой и после очистки р-ра от Al действием H_2SO_4 , CO_2 или $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ из р-ра кристаллизуют либо Na_2CrO_4 , либо $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, либо р-р перерабатывают на др. соед. Х. Необходимый для получения металлург. Х. Cr_2O_3 получают восстановлением щелочного р-ра Na_2CrO_4 элементарной се-

рой при кипячении или в автоклавах при 140–160 °С по р-ции:



Затем р-р подкисляют H_2SO_4 и проводят вторую стадию восстановления с получением хромхромата или гидроксида $\text{Cr}(\text{II})$:



После сушки и прокаливании гидроксидных осадков получают Cr_2O_3 .

Металлич. Х. большей частью производят восстановлением Cr_2O_3 алюминием или элементарным кремнием. Реже используют восстановление углеродом, при к-ром получают Х. с большим содержанием С. Предложены также процессы восстановления CrCl_3 магнием. Более чистый Х. получают электролизом либо сернокислых р-ров CrO_3 , либо р-ров хромоммониевых квасцов.

Для рафинирования Х. применяют обработку сухим или влажным H_2 при высоких т-рах, вакуумную дистилляцию, зонную плавку, иодидное рафинирование. Для получения особо чистого Х. предложено использовать термич. разложение орг. комплексов, напр. бис(этилбензол)хрома с послед. водородной очисткой металла.

Х. применяют в металлургии, в осн. как компонент сталей разл. назначения, в частности нержавеющей. Х. входит в состав жаропрочных сплавов на основе Ni и Co. Большие кол-ва Х. используют для получения хромовых покрытий. Помимо высокой коррозионной стойкости они обладают большим сопротивлением истиранию. Разл. соед. Х. применяют в качестве огнеупорных материалов, пигментов, дубителей кожи, протрав при крашении, реактивов, магн. материалов и др. Соотношение областей использования: металлургия 75%, огнеупоры 10%, прочее 15%.

Мировая добыча хромитовых руд и концентратов (без России) ок. 12 млн. т в год; выплавка феррохрома 2,7 млн. т в год; произ-во металлич. Х. ок. 20 тыс. т в год (1990). Осн. производители – США, Япония, ЮАР, Германия, Франция, Италия, Великобритания.

Металлич. Х. малотоксичен, также малоядовиты соед. Х. низших степеней окисления [но в организме они могут перейти в соед. $\text{Cr}(\text{VI})$]. Соед. $\text{Cr}(\text{VI})$ обладают местным и общетоксич. действием, вызывают поражение органов дыхания, кожи, слизистых оболочек, желудочно-кишечного тракта. Попадают в кровь, откладываются в печени, почках,

эндокринных железах, зубах. ПДК (в пересчете на CrO_3) 0,01 мг/м³, Cr^{6+} 0,0015 мг/м³ (атм. воздух).

Х. открыт Л. Вокленом в 1797.

Лит.: Плинер Ю.Л., Игнатенко Г.Ф., Лапко С.И., Металлургия хрома, М., 1965; Салли А., Брэндз Э., Хром, пер. с англ., 2 изд., М., 1971; Авербух Т.Д., Павлов П.Г., Технология соединений хрома, 2 изд., М., 1973; Лаврушина А.К., Юкина Л.В., Аналитическая химия хрома, М., 1979; Неорганические соединения хрома, Л., 1981.

П. И. Федоров.

ХРОМА ГАЛОГЕНИДЫ. Дифторид CrF_2 при давлении 2,7 ГПа превращается в ромбич. модификацию, при 27–29 ГПа – в тетрагональную (табл.); плохо раств. в воде, не раств. в этаноле, медленно реагирует с минеральными к-тами; на воздухе окисляется; с фторидами щелочных металлов образует комплексы MCrF_3 и M_2CrF_4 . Трифторид CrF_3 не раств. в этаноле, медленно реагирует с минеральными к-тами; при нагрев. на воздухе превращается в Cr_2O_3 , водяным паром гидролизует выше ~500 °С; с фторидами щелочных металлов при сплавлении образует M_3CrF_6 и $\text{M}_2\text{Cr}_2\text{F}_{14}$ зеленого цвета; ферромагнетик. Ниже 15 °С устойчив монагидрат $\text{CrF}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (фиолетовый), р-римость в воде 0,9% при 0 °С, легко обезвоживается до гексагидрата (фиолетовый, плохо раств. в воде). Выше 20 °С из водных р-ров кристаллизуется зеленый тригидрат $\text{CrF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, его р-римость в воде 3,46% по массе при 20 °С, р-ры склонны к пересыщению. Не р-римый в воде тригидрат, для к-рого предложена ф-ла $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{CrF}_6$, образуется при нагрев. гексагидрата при 60–70 °С. Получают CrF_3 взаимодействием гидроксида или солей $\text{Cr}(\text{III})$ с плавиковой к-той, восстановлением CrO_3 в р-ре HF, напр. этанолом; протрава при крашении тканей, пигмент.

Тетрафторид CrF_4 – коричневое аморфное в-во; т. пл. 277 °С, т. возг. 295 °С; плотн. 2,90 г/см³; $\Delta H_{\text{обр}}^\circ$ –1200 кДж/моль; при действии воды диссоциирует на соед. $\text{Cr}(\text{III})$ и $\text{Cr}(\text{IV})$, разъедает стекло, образует с щелочными металлами соед. типа M_2CrF_6 ; образуется при фторировании порошка Cr. При фторировании под давлением получают пентафторид CrF_5 и лимонно-желтый гексафторид CrF_6 , к-рый легко диспропорционирует в вакууме уже при 100 °С. Диксидифторид хрома (хромилфторид) CrO_2F_2 на свету медленно полимеризуется, превращаясь в серое в-во с т. пл. ~200 °С; водой легко гидролизуется; разрушает стекло, кварц, бурно окисляет орг. в-ва; с хроматами образует фторохроматы, напр. KCrO_3F ; получают при нагрев. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ с дымящей H_2SO_4 и CaF_2 ; реагент в орг. и неорг. синтезе.

Ди хлорид CrCl_2 относительно устойчив в сухом воздухе, с O_2 начинает реагировать при ~900 °С, быстро увлажняется и окисляется в присут. паров воды; из водных р-ров (голубых)

СВОЙСТВА ГАЛОГЕНИДОВ И ОКСОГАЛОГЕНИДОВ ХРОМА

Показатель	CrF_2	CrF_3	CrF_6	CrO_2F_2	CrCl_2	CrCl_3	CrBr_2	CrBr_3	CrI_2	CrI_3
Цвет	Синевато-зеленый	Зеленоватый	Огненно-красный	Фиолетово-красный	Бесцв.	Красно-фиолетовый	Бесцв.	Темно-зеленый, черный	Коричнево-красный; бледно-серый	Черный
Сингония	Моноклинная	Тригон.	Ромбич.	Моноклинная	Ромбич.	Моноклинная	Моноклинная	Тригон.	Ромбич.	Тригон.
Параметры ячейки:										
a, нм	0,4732	0,602	0,55	0,568	0,665	0,5959	0,7111	0,6308	0,3915	0,6859
b, нм	0,4718	—	0,74	0,492	0,599	1,0321	0,3649	—	0,7560	—
c, нм	0,3505	1,73	1,63	0,904	0,348	0,6114	0,6217	1,835	1,3553	1,988
β, град	96,52	—	—	93	—	108,48	93,88	—	—	—
z	2	6	8	4	2	—	2	6	4	6
Пространств. группа	$P2_1/c$	$R\bar{3}c$	$Rm\bar{c}n$	$P2_1/c$	$Pm\bar{m}n$	$C2/m$	—	$R\bar{3}$	$Cmc2_1$	$P3_212$
Т. пл., °С	894	1100	102	31,6	824	1152	842	—	856	857
Т. кип., °С	1820	1400	117	29,6*	1330	947*	—	800*	1248	—
Плотн., г/см ³	4,11	3,78	—	3,21	2,88	3,03	4,36	4,25	5,20	4,92
C_p° , Дж/(моль·К)	59	79	—	—	71	92	—	96	—	—
$\Delta H_{\text{обр}}^\circ$, кДж/моль	–775	–1159	–1466	–880	–396	–570	–298	–400	–157	–205
$\Delta H_{\text{пл}}^\circ$, кДж/моль	19	42	19,3	25,9	37	—	—	—	—	—
$\Delta H_{\text{исп}}^\circ$, кДж/моль	251	201	35,6	60,5**	198	288**	—	—	—	—
S_{298}° , Дж/(моль·К)	86	94	209	—	116	125	134	150	154	—

*Т. возг. ** $\Delta H_{\text{исп}}^\circ$

кристаллизуются кристаллогидраты: до 38 °С – темно-синий тетрагидрат, в интервале 38–51 °С – его темно-зеленая модификация, при 51–83 °С – бледно-голубой тригидрат, выше 83 °С – бледно-зеленый дигидрат, к-рый обезвоживается при 113 °С. CrCl_2 мало раств. в этаноле, не раств. в эфире, с хлоридами щелочных металлов образует соед. типов M_3CrCl_5 , MCrCl_3 , M_2CrCl_4 ; получают действием HCl на Cr или H_2 на CrCl_3 при 600–700 °С; используют для получения Cr высокой чистоты, как реагент в аналит. химии.

Три хлорид CrCl_3 известен также в тригон. модификации; антиферромагнетик; начинает реагировать с O_2 при 350 °С, с H_2 – при 515 °С, восстанавливаясь до CrCl_2 , а выше 700 °С – до Cr ; не раств. в воде, в присут. восстановителей (CrCl_2) раств. хорошо, давая темно-зеленые р-ры. Из водных р-ров ниже 30 °С кристаллизуется декагидрат (темно-зеленый), выше 30 °С – гексагидрат, для к-рого известны 4 изомерные формы. При обезвоживании гексагидрата получают коричневый тригидрат, фиолетовый дигидрат и красные $\text{CrCl}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CrCl}_3 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. Полное обезвоживание сопровождается гидролизом. При сплавлении с хлоридами щелочных металлов CrCl_3 образует хлорохроматы преим. типов M_3CrCl_6 и $\text{M}_2\text{Cr}_2\text{Cl}_9$.

Получают CrCl_3 хлорированием Cr_2O_3 , хромита или феррохрома в присут. восстановителей при 600–800 °С. Используют для хромирования стальных изделий, для получения Cr . Кристаллогидрат получают растворением $\text{Cr}(\text{OH})_3$ в соляной к-те или восстановлением р-ров CrO_3 в соляной к-те формалином; применяют как протраву при крашении, компонент электролитов, для получения др. соед. Cr .

Тетрахлорид CrCl_4 устойчив только в парах, м.б. сконденсирован при резком охлаждении, но разлагается уже при –80 °С.

Из оксохлоридов Cr наиб. важен хромилхлорид CrO_2Cl_2 – вишнево-красная жидкость; т.пл. –96 °С; т.кип. 116 °С; $\Delta H_{\text{обр}}^0$ – 570,3 кДж/моль; дымит на воздухе, под действием света разлагается с выделением Cl_2 ; сильный окислитель и хлорирующий агент; со мн. орг. в-вами реагирует со взрывом; бурно разлагается водой с образованием H_2CrO_4 и HCl ; раств. в CCl_4 , CHCl_3 , CS_2 , бензоле, хорошо растворяет Cl_2 ; горит в сухом NH_3 ; получают взаимодей. CrO_3 с конц. соляной к-той и H_2SO_4 или действием H_2SO_4 на смесь $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{NaCl}$; реагент в орг. синтезе, при получении комплексов Cr .

Дибромид CrBr_2 быстро окисляется на воздухе, в отсутствие O_2 дает голубые водные р-ры, образует гексагидрат; получают восстановлением CrBr_3 водородом и др. Трибромид CrBr_3 при нагр. окисляется, медленно раств. в горячей воде, быстро – в присут. восстановителей; известно неск. форм гексагидрата; получают взаимодей. паров Br_2 с порошком Cr .

Диодид CrI_2 хорошо раств. в воде в отсутствие O_2 (голубые р-ры), образует гексагидрат; получают взаимодей. Cr с I_2 ; пигмент для стекла. Триодид CrI_3 при нагр. отщепляет I_2 , с трудом раств. в воде, легко – в присут. CrI_2 , из р-ров кристаллизуется темно-фиолетовый гексагидрат; получают из простых в-в. Иодиды Cr – промежут. продукты при иодидном рафинировании Cr .

П. И. Федоров.

ХРОМА КАРБОНИЛЫ. Гексакарбонил хрома (Х.г.) $\text{Cr}(\text{CO})_6$ – бесцв. кристаллы с ромбич. решеткой ($a = 1,1769$ нм, $b = 1,1092$ нм, $c = 0,6332$ нм, $z = 4$, пространств. группа $R\bar{3}m$). Молекула имеет октаэдрич. конфигурацию. Т.пл. 153 °С, т.возг. 147 °С, испарение начинается уже при 30 °С; плотн. 1,77 г/см³; S_p 240 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{обр}}^0$ – 1077 кДж/моль, $\Delta H_{\text{возг}}^0$ 73,3 кДж/моль; S_{298}^0 314 Дж/(моль·К); ур-ие температурной зависимости давления пара: $\lg p$ (мм рт.ст.) = 11,349 – 3575,9/T (315 – 427 К); диамантит. При 90 °С начинает разлагаться с выделением металлич. Cr , интенсивно разлагается при 230 °С.

Чистый $\text{Cr}(\text{CO})_6$ устойчив на воздухе и к действию света. Не раств. в воде и метаноле, очень немного раств. в этаноле, бензоле, диэтиловом эфире, карбонилах Ni и Fe , раств. в CCl_4 (~2%) и CHCl_3 . Медленно реагирует с конц. H_2SO_4 , не

взаимод. с соляной к-той, разлагается хлором. С р-рами Na в жидком NH_3 дает $\text{Na}_2\text{Cr}(\text{CO})_5$. В водных р-рах KOH образует $\text{K}[\text{Cr}(\text{CO})_5\text{H}]$ и др., напр. $\text{K}_2[\text{Cr}(\text{CO})_3(\text{OH})_3\text{Cr}(\text{CO})_3\text{H}]$.

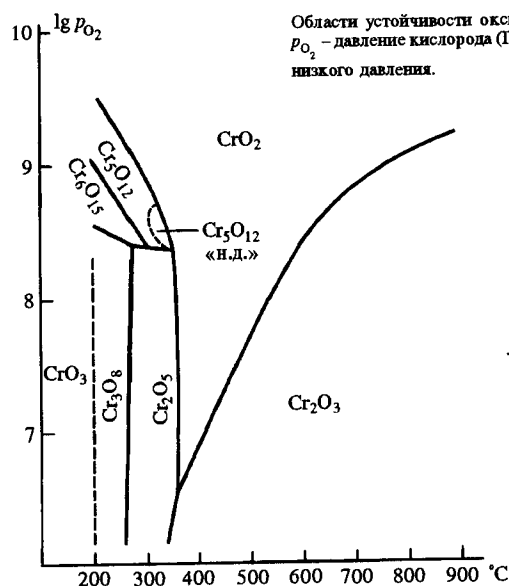
Известны многочисленные продукты замещения CO на орг. лиганды. Получены летучий, нестойкий карбонилгидрид $\text{H}_2\text{Cr}(\text{CO})_5$, сложные карбонилы, напр. $\text{K}[\text{CrCo}(\text{CO})_9]$, $\text{K}[\text{CrMn}(\text{CO})_{10}]$.

Получают гексакарбонил восстановлением CrCl_3 под давлением CO при действии Al (в присут. AlCl_3), Mg (в присут. I_2) или LiAlH_4 в диэтиловом эфире. Используют для получения хромовых покрытий на металлах, керамике, стекле, в произ-ве катализаторов, для синтеза хроморг. производных, напр. бензолтрикарбонилхрома – компонента катализаторов. Гексакарбонил катализирует полимеризацию непредельных углеводородов.

См. также Карбонилы металлов.

П. И. Федоров.

ХРОМА ОКСИДЫ. В системе Cr-O (рис.) существуют оксиды CrO , CrO_2 , Cr_2O_3 и др., св-ва Х.о. сопоставлены в табл. Низший оксид CrO метастабилен, его точка состава в системе $\text{Cr-Cr}_2\text{O}_3$ попадает в область расслаивания расплава, к-рая простирается от 2 до 48 ат.%. В этой системе обнаруживается также инконгруэнтно плавящийся оксид Cr_3O_4 , существующий при т-рах выше ~1550 °С. Он имеет искаженную структуру шпинели.



Области устойчивости оксидов хрома: P_{O_2} – давление кислорода (Па); «н.д.» – низкого давления.

CrO – красные кристаллы или черный пирофорный порошок; кристаллич. CrO устойчив на воздухе, не раств. в воде, но интенсивно окисляется выше ~100 °С. Реагирует с HCl с выделением водорода, с разб. HNO_3 и H_2SO_4 не взаимодействует. Получают CrO термич. разложением карбонила $\text{Cr}(\text{CO})_6$. Используют как адсорбент для очистки углеводородов от O_2 . Гидроксид $\text{Cr}(\text{OH})_2$ коричневого или желтого цвета осаждается из р-ров солей $\text{Cr}(\text{II})$ щелочами в отсутствие кислорода; произведение р-римости $2,0 \cdot 10^{-20}$; не раств. в р-рах щелочей и разб. к-тах, медленно раств. в конц. к-тах; на воздухе быстро окисляется.

Оксид $\text{Cr}(\text{III})$ (сесквиоксид) Cr_2O_3 (минерал эсколаит) имеет структуру типа корунда (α -форма). Его цвет меняется от светло-зеленого у тонкодисперсного материала до почти черного у больших кристаллов. При нагр. зеленый цвет обратимо переходит в коричневый. Существуют аморфный Cr_2O_3 , а также метастабильная кубич. γ -форма со структурой типа шпинели ($a = 0,836$ нм) коричневого цвета. Описана также тетрагон. модификация ($a = 0,9480$ нм, $c = 0,5160$ нм), по-видимому, устойчивая выше 1000 °С. Cr_2O_3 заметно летуч

СВОЙСТВА ОКСИДОВ ХРОМА

Показатель	CrO	Cr ₃ O ₄	Cr ₂ O ₃	CrO ₂	Cr ₅ O ₁₂	Cr ₂ O ₅	Cr ₆ O ₁₅	Cr ₃ O ₈	CrO ₃
Цвет	Красный	Оранжевый	Зеленый	Черный	Черный	Черный	Черный	Коричневый	Красный
Сингония	Кубич.	Тетрагон.	Тригон.	Тетрагон.	Ромбич.	Моноклинная	Ромбич.	Ромбич.	Ромбич.
Параметры ячейки:									
a, нм	0,412	0,62026	0,49576	0,4422	1,2044	1,201	0,847	1,201	0,8525
b, нм	—	—	—	—	0,8212	0,852	1,290	2,660	0,4755
c, нм	—	0,85386	1,35874	0,2918	0,8177	0,929	1,008	0,782	0,4743
β, град	—	—	—	—	—	92,0	—	—	—
z	4	8	6	2	4	—	4	—	—
Пространств. группа	<i>Fm3m</i>	—	<i>R3c</i>	<i>P4₂/mcc</i>	<i>Pbcn</i>	—	<i>Cmcm</i>	—	<i>C2cm</i>
T. пл., °C	1550	1705*	2334**	—	—	—	—	—	—
Плотн., г/см ³	—	—	5,21	4,95	3,68	—	3,34	—	2,82
C _p ⁰ , Дж/(моль·K)	—	—	119	—	—	—	—	—	58
ΔH _{обр} ⁰ , кДж/моль	-335	-1447	-1141	-588,3	-2890	-1200	—	-1791	-590
S ₂₉₈ ⁰ , Дж/(моль·K)	61	150,5	81	48,1	281	116	—	183	73,2

*Т. кип. 3000 °C.

выше ~1200 °C; испаряется конгруэнтно, с диссоциацией в парах; ур-ние температурной зависимости давления пара $\lg p$ (мм рт. ст.) = 10,62 - 25300/T (1504 - 1821 K); парамагнетик, при 32 K (точка Нееля) переходит в антиферромагн. состояние, ΔH перехода 0,80 кДж/моль; полупроводник, ширина запрещенной зоны ~3,4 эВ; твердость по шкале Мооса 9.

Cr₂O₃ химически малоактивен. Не раств. в воде и орг. р-рителях, не взаимодей. с р-рами щелочей, раств. в сильных к-тах лишь при длительном нагревании, окисляется и переходит в р-р при действии горячих р-ров персульфатов или хлоратов, а также 70%-ной HClO₄. Окисляется расплавами KNO₃ и KClO₃, взаимодей. с расплавами щелочей на воздухе. При спекании с оксидами или карбонатами металлов образует хромиты (см. Хроматы). Взаимод. с хлором в присут. углерода при 650-850 °C. Выше ~1500 °C восстанавливается до металла действием H₂, C, CO, Si, Al, Ca, Mg и т. п.

Получают Cr₂O₃ термич. разложением гидроксида или гидратированного хромхромата (см. ниже), CrO₃, (NH₄)₂Cr₂O₇, прокаливанием дихроматов Na или K с углем с послед. выщелачиванием, сжиганием Cr в O₂. Оксид высокой частоты рекомендовано получать окислением хроморг. соед., напр. этилбензолхрома. Используют Cr₂O₃ для получения металлич. хрома и его карбидов, как пигмент, катализатор орг. синтеза (окисление, крекинг, гидрирование и дегидрирование), как полировальный материал, компонент огнеупоров, ферритов.

Известен ряд гидроксидов Cr(III). При действии на водные р-ры солей Cr(III) щелочи или аммиака образуется гелеобразный осадок Cr(OH)₃·nH₂O. Р-римость гидроксида в воде 1·10⁻⁷ пб массе при 25 °C. Окраска его (голубая, зеленая, зеленовато-черная или фиолетовая), а также хим. активность зависят от условий осаждения. Гидроксид легко раств. в минеральных к-тах и р-рах щелочей. По мере старения осадков их реакционная способность падает. При высушивании осадков образуется гидрат Cr(OH)₃·3H₂O, к-рый м. б. получен в кристаллич. виде; структура гексагон. (a = 1,230 нм, c = 0,970 нм, z = 8; по др. данным, a = 0,531 нм, c = 0,487 нм; плотн. 1,64 г/см³). Малоустойчив, при хранении, а также при нагр. до ~70 °C переходит в аморфный гидрат Cr₂O₃·5H₂O, устойчивый до ~85 °C. При дальнейшем обезвоживании получают аморфный гидроксид Cr(OH)₃. Кристаллизуется он в структуре типа байерита Al(OH)₃, решетка гексагон. (a = 0,5288 нм, c = 0,4871 нм, z = 2; плотн. 2,90 г/см³; обезвоживается ок. 150 °C. Применяют гидроксид для получения солей Cr(III), катализаторов, ферритов.

Известен также гидрат - изумрудная зелень, или зеленая Гийе, состава Cr₂O₃·nH₂O, где n изменяется от 1,5 до 2; не раств. в минеральных к-тах, р-рах щелочей, легко раств. в р-рах CrO₃. Устойчив на воздухе. При нагр. до ~200 °C теряет большую часть воды (остается 0,5 H₂O), но при выдержке на воздухе снова ее поглощает. Полностью обезвоживается ок.

615

600 °C. Получают прокаливанием смеси K₂Cr₂O₇ с H₂BO₃ при 500-600 °C с послед. выщелачиванием, нагреванием гидроксида Cr в автоклаве с добавкой борной или кремниевой к-ты или восстановлением Na₂Cr₂O₇ орг. в-вами (напр., мелассой) в автоклаве. Применяют как пигмент.

Оксигидроксид CrOOH (или Cr₂O₃·H₂O) известен в виде неск. модификаций. α-Модификация (минерал грималит) образует кристаллы голубовато-серого, голубовато-зеленого или коричнево-красного цвета; имеет ромбоэдрич. структуру (a = 0,2960 нм, c = 1,329 нм, z = 3, пространств. группа *R3m*); плотн. 4,12 г/см³. β-Модификация зеленого цвета (минерал гвианит) имеет ромбич. решетку (a = 0,4861 нм, b = 0,4292 нм, c = 0,2960 нм, z = 2, пространств. группа *Pnnm*); плотн. 4,57 г/см³. Третья модификация (минерал бресуалит) красно-коричневого цвета имеет ромбич. структуру типа диадора (a = 0,449 нм, b = 0,986 нм, c = 0,297 нм, z = 4, пространств. группа *Pbmm*). Описана изум.-рудно-зеленая β-модификация, тоже ромбическая, со структурой типа бемита (пространств. группа *Cmcm*). Есть указания на существование еще одной, кубической, модификации серо-фиолетового цвета.

Оксигидроксид устойчив на воздухе, практически не реагирует с минеральными к-тами и р-рами щелочей. Поведение при нагр. различается у разных модификаций. Обезвоживание α-формы происходит при 370-440 °C, β-модификации - при 480-550 °C, γ-модификации - при 520-570 °C. Образуется CrOOH при неполном обезвоживании гидроксида Cr(III). Промежут. продукт при получении Cr₂O₃.

Диоксид CrO₂ кристаллизуется в структуре типа рутила; по нек-рым данным, имеет область однофазности (отношение O:Cr от 1,901 до 2,013); ферромагнетик, обладает металлич. проводимостью; при 110 °C переходит в парамагн. состояние (без изменения структуры). При ~510 °C разлагается до Cr₂O₃. На воздухе устойчив, при длительном кипячении в воде диспропорционирует на CrOOH и H₂CrO₄. При действии соляной к-ты окисляет ее с выделением Cl₂. Получают CrO₂ разложением CrO₃ или Cr₅O₁₂ либо Cr₂O₈ в гидротермальных условиях; рабочее в-во носителей магн. записи.

Известна аморфная парамагн. форма CrO₂ коричневого или черного цвета. Она содержит следы воды и обычно немного меньше кислорода; ее ф-лу иногда пишут Cr₂O₃·а. При полном обезвоживании разлагается. Как гидрат диоксида можно рассматривать гидроксохромат [Cr(OH)₂]₂CrO₄, к-рый выпадает из р-ров, содержащих Cr(III) и Cr(VI) при pH 3-4; коричневое рентгеноаморфное в-во, содержащее дополнительно 5-5,5 молекул воды; полупродукт при получении нек-рых соединений Cr.

Описаны гидроксохроматы Cr(III) - это Cr(OH)₂(HCrO₄)·4H₂O (при стоянии с маточным р-ром он превращается в CrO₂·2H₂O) и Cr₅(OH)₉(CrO₄)₃·nH₂O. Все они аморфные, легко раств. в разб. минеральных к-тах и р-рах

616

щелочей, при нагревании обезвоживаются и при $\sim 250^\circ\text{C}$ разлагаются. Гидроксохроматы хрома(III) общей формулы $x\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot y\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ часто наз. хромыхромами.

Указывалось на существование оксидов Cr_4O_7 и Cr_6O_{11} .

Оксид Cr_2O_3 — хромат(VI) хрома(III). По-видимому, это фаза переменного состава, чья область однородности лежит в интервале составов $\text{CrO}_{2,4} - \text{CrO}_{2,48}$ (по др. данным, от $\text{CrO}_{2,385}$ до $\text{CrO}_{2,430}$). Мелкие черные иглы. Не раств. в воде, раств. в разб. минеральных к-тах; оксид, полученный при высоких давлениях, разлагается конц. H_2SO_4 при кипячении. Приведенные в табл. структурные параметры относятся к неферромагн. модификации высокого давления. Структура ферромагн. (плотн. $3,29 \text{ г/см}^3$) модификации низкого давления не изучена.

Оксид Cr_2O_3 также содержит хром в двух степенях окисления, его структурная ф-ла $\text{Cr}_2(\text{CrO}_4)_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)$. Описаны две его модификации — моноклинная антиферромагнитная с т-рой Нееля ниже 80 К и существующая при высоких давлениях ромбическая, для к-рой предложена ф-ла Cr_6O_{15} . Это черные пластинчатые кристаллы. Не реагирует с водой и разб. к-тами, раств. в конц. H_2SO_4 при комнатной т-ре. Получается при термич. разложении CrO_3 или Cr_3O_8 в атмосфере O_2 ($270-300^\circ\text{C}$).

Как гидрат Cr_2O_3 можно рассматривать гидроксид-хромат $\text{Cr}(\text{OH})\text{CrO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, осаждающийся из водных р-ров. Это коричнево-серое аморфное в-во, раств. в разб. к-тах и щелочах; при $100-160^\circ\text{C}$ обезвоживается, при $250-350^\circ\text{C}$ разлагается.

Оксид Cr_3O_8 [или $\text{Cr}_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)_2(\text{Cr}_3\text{O}_{10})$] — очень мелкие темно-коричневые кристаллы; антиферромагнетик, т-ра Нееля $\sim 80 \text{ К}$; быстро разлагается водой; получают разложением CrO_3 на воздухе ($270-300^\circ\text{C}$), в атмосфере O_2 (240°C) или гидропероксидом его разложением (270°C). Оксид Cr_2O_5 и Cr_3O_8 рекомендованы как материалы катодов литиевых источников тока.

Декахромат хрома $\text{Cr}_2(\text{Cr}_{10}\text{O}_{31})_3$, или $\text{CrO}_{2,906}$, является первичным продуктом термич. разложения CrO_3 . Черный аморфный порошок с плотн. $2,88 \text{ г/см}^3$; разлагается, начиная с 240°C , с образованием CrO_3 и Cr_3O_8 .

Триоксид хрома (хромовый ангидрид) CrO_3 — красные или фиолетово-красные кристаллы; при давлении $11,5 \text{ ГПа}$ и т-ре 23°C переходит в др. модификацию; т. пл. $180-202^\circ\text{C}$ (в зависимости от степени разложения); заметно испаряется с диссоциацией в парах, у-ние температурной зависимости давления пара $\lg p$ (мм рт. ст.) = $20,14 - 10300/T$ ($448 - 468 \text{ К}$); полупроводник. Малоустойчив, начинает разлагаться уже при комнатной т-ре. При медленном нагревании при $210-270^\circ\text{C}$ образуется Cr_3O_8 , при $270-300^\circ\text{C}$ — Cr_2O_3 , при $360-540^\circ\text{C}$ — CrO_2 . Очень сильный окислитель. Гигроскопичен, расплывается на воздухе. Хорошо раств. в воде с образованием хромовых к-т, существующих только в водных р-рах; р-римость $62,49\%$ по массе при 20°C , $65,79\%$ при 80°C . Ниже -102°C кристаллизуется гидрат $\text{CrO}_3 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$.

Между хромовой H_2CrO_4 и дихромовой $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ к-тами в р-ре устанавливается равновесие, при разбавлении р-ра оно сдвигается в сторону образования хромовой к-ты. Обе эти к-ты сильные, они полностью диссоциированы по первой ступени, но по второй ступени, напротив, диссоциируют в незначит. степени. В конц. сильноокислых р-рах CrO_3 образуются также ионы трихромовой $\text{Cr}_3\text{O}_{10}^{2-}$ и тетрахромовой $\text{Cr}_4\text{O}_{13}^{2-}$ к-т.

При действии на р-ры CrO_3 серы, В, С и нек-рых металлов (Mg , Zn , Cu , Cr , Mo и др.) при нагревании происходит полимеризация с получением хромовых полимеров — от вязкотекучих до смолоподобных и стекловидных. Полимеры рентгеноаморфны, мол. м. 10^3-10^4 . Ионы металлов входят в состав полимера, тогда как неметаллы большей частью оказывают только каталитич. действие. Смолы обратимо раств. в воде. Полимеры, помимо $\text{Cr}(\text{VI})$, содержат также $\text{Cr}(\text{III})$, $\text{Cr}(\text{IV})$ и $\text{Cr}(\text{V})$.

Триоксид Cr и хромовые к-ты вызывают тяжелые ожоги кожи, дерматит, язвы. Могут вызывать желтуху, бронхиталь-

ную астму, язву желудка, поражения почек. ПДК Х. о. в атм. воздухе $0,01 \text{ мг/м}^3$.

Известны соед. с содержанием кислорода больше, чем в CrO_3 : пероксиды, представителями к-рых являются синие перхромат $\text{Cr}_2(\text{CF}_2\text{O}_{10})_3$ и гидропероксид $\text{CrO}(\text{O}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$.

П. И. Федоров.

ХРОМА СПЛАВЫ, относятся к числу тугоплавких, жаропрочных и жаростойких сплавов. Осн. легирующие элементы — Mo , Ti , W , V , Nb , Ta . Имеют т-ру плавления от 1350 до 1900°C , сравнительно невысокую плотн. ($7,2-8 \text{ г/см}^3$), высокую кратковременную и длительную (в течение 100 ч) прочность при $1000-1100^\circ\text{C}$, соотв. $240-250$ и $100-120 \text{ МПа}$. В отличие от сплавов на основе др. тугоплавких металлов (Nb , Ta , Mo и W) практически не окисляются на воздухе и в продуктах сгорания топлива, содержащего серу, до $1200-1350^\circ\text{C}$. По коррозионной стойкости во мн. средах превосходят сплавы Ni , достаточно стойки в разбавл. и конц. к-тах и щелочах. Отдельные Х. с. стойки в расплавах стекла.

Основа всех Х. с. — твердый р-р легирующих элементов в Cr с объемноцентрированной кристаллич. решеткой. Примеси, образующие твердые р-ры внедрения (C , N и O) и не превышающие $0,02-0,04\%$ по массе, ухудшают технол. св-ва (обрабатываемость давлением) Х. с., повышают т-ру перехода из пластичного в хрупкое состояние в хрупкое. Т-ра перехода из пластичного в хрупкое состояние для наиб. пластичных Х. с. составляет $130-350^\circ\text{C}$; при загрязнении O_2 (особенно N_2) она повышается до $500-550^\circ\text{C}$.

По способу получения различают деформируемые, литейные и спеченные Х. с. К деформируемым относят нелегированный Cr (может содержать до 1% по массе Y), низколегированные (до $1-1,5\%$ Ti , V и Y) и высоколегированные (до 32% Ni , $1,5-2\%$ W , Ti и V) Х. с. Литейные Х. с. содержат $10-15\%$ Mo , 3% W , $2-10\%$ Nb или Ta , до $0,1\%$ V и др.; спеченные — до $3-6\%$ MgO или Al_2O_3 , $0,5\%$ Ti и др.

Деформируемые и литейные Х. с. выплавляют в вакуумных индукционных и электродуговых печах с использованием огнеупоров на основе Al_2O_3 , BeO и Y_2O_3 ; спеченные Х. с. получают методом порошковой металлургии (прессованием смесей порошков исходных компонентов под давлением $300-400 \text{ МПа}$ и спеканием при $1450-1500^\circ\text{C}$ в атмосфере H_2). Деформированные полуфабрикаты (прутки, трубы, листы, поковки, штамповки и др.) и изделия из Х. с. получают методами горячей деформации и прецизионного литья. Изделия из Х. с. обычно подвергают высоко- или низкотемпературному отжигу в атмосфере H_2 или инертных газов (Ar , He). Для защиты от действия O_2 и N_2 на пов-сть изделий из Х. с. наносят разл. покрытия (напр., Ni , эмали и др.).

Недостаток многих Х. с., препятствующий их широкому использованию, — низкая пластичность.

Х. с. используют для изготовления конструкц. материалов и деталей, длительно работающих в окислит. средах при т-рах $1000-1300^\circ\text{C}$ или кратковременно при $1500-1600^\circ\text{C}$ (чехлы термопар, крепежные детали, внутр. каналы установок для нефтеперерабатывающей пром-сти, а также детали двигателей, котлов и нагреват. печей, работающие в продуктах сгорания топлива, содержащего серу); спеченные Х. с. — также для изготовления деталей МГД-генераторов, жаростойких поддонов и др. термич. оборудования, кокилей для литья.

Лит.: Материалы в машиностроении. Выбор и применение. Справочник, т. 3. Специальные стали и сплавы, М., 1968; Энциклопедия неорганических материалов, т. 2, К., 1977.

А. М. Захаров.

ХРОМА СУЛЬФАТЫ. Сульфат хрома(III) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ — красновато-коричневые кристаллы тригона. сингонии ($a = 0,812 \text{ нм}$, $c = 2,186 \text{ нм}$); плотн. $3,012 \text{ г/см}^3$; C_p $281 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$; $\Delta H_{\text{обр}}^\circ - 3308 \text{ кДж/моль}$; $S_{298}^\circ 288 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$; выше 350°C разлагается до $\text{Cr}_2\text{O}(\text{SO}_4)_2$, выше 640°C — до Cr_2O_3 . Не раств. в холодной воде и разб. к-тах, плохо раств. в этаноле.

Кристаллогидрат $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ — сине-фиолетовые кристаллы; т. пл. $\sim 80^\circ\text{C}$; плотн. $1,70 \text{ г/см}^3$; C_p $934 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$; $\Delta H_{\text{обр}}^\circ - 8317 \text{ кДж/моль}$; $S_{298}^\circ 1035 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$; р-римость в воде (в пересчете на безводную соль) $45,4\%$ по массе при

20 °С, раств. в этаноле; при плавлении превращается в зеленый декагидрат, при 100 °С переходит в пентагидрат, при 440 °С – в безводную соль. Описаны также фиолетовые гидраты с 17, 16, 15 и 14 молекулами воды. При нагр. фиолетовых водных р-ров до 70–80 °С они становятся зелеными, после чего из них м. б. выделены зеленые гидраты, в к-рых часть анионов SO_4^{2-} находится во внутр. сфере комплекса (см. Хром).

Известны зеленые кристаллогидраты с 15 молекулами воды (плотн. 1,867 г/см³), с 8, 6, 5 и 3 (плотн. 2,429 г/см³) молекулами воды и др. Стеклообразные или аморфные гидраты хорошо раств. в воде, не раств. в этаноле.

Сульфат Cr(III) с сульфатами щелочных металлов образует *квасцы*. Из конц. сернокислых р-ров выделены кислые сульфаты $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ (фиолетовый и зеленый) и др., к-рые иногда рассматривают как хромсерные к-ты. Они хорошо раств. в воде.

Получают $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ взаимодей. гидроксида Cr(III) или феррохрома с H_2SO_4 , зеленый сульфат – восстановлением CrO_3 в сернокислом р-ре. Используют как протраву при крашении, дубитель в кожевенной пром-сти, как пигмент для лаков и красок, керамики, зеленых чернил.

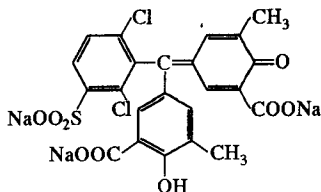
В техн. лит. под названием *Х. с.* часто фигурирует смесь Cr(OH)SO_4 с Na_2SO_4 или K_2SO_4 (может содержать др. гидроксосульфаты) – аморфный зеленый порошок, растворимый в воде. Получают восстановлением сернокислых р-ров $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ или $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ орг. в-вами (напр., формалином, мелассой, древесными опилками) или SO_2 при нагр. с послед. выпариванием и высушиванием. Дубитель в кожевенной пром-сти.

Сульфат хрома(II) $\text{CrSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – синие кристаллы триклинной сингонии ($a = 0,724$, $b = 1,094$, $c = 601$ нм, $\alpha = 125,32^\circ$, $\beta = 97,63^\circ$, $\gamma = 94,32^\circ$); в сухом состоянии устойчив на воздухе; раств. в воде (17,3% по массе при 0 °С), р-ры очень легко окисляются O_2 воздуха; обезвреживается при 30–265 °С с последоват. образованием тетра-, ди- и моногидрата, безводный разлагается при ~500 °С до Cr_2O_3 . С сульфатами щелочных металлов образует двойные соли типа шенита $\text{M}_2\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Получают растворением Cr в H_2SO_4 или восстановлением р-ров $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ электролитически или цинком. Используются (р-ры) в аналит. химии, как восстановитель в орг. синтезе, как поглотитель O_2 из газов.

П. И. Федоров.

ХРОМА ХЛОРИДЫ, см. *Хрома галогениды*.

ХРОМАЗУРЬ S, мол. м. 604,51, темно-красные кристаллы, хорошо раств. в воде. Кислотно-основный индикатор. Используется также для фотометрич. определения Al, Be, Pd, Sc, Zr, Cu, в составе тройных комплексов с ПАВ. Окрашенные р-ры Al с *Х.* стабильны даже при высоких концентрациях элемента. Взаимод. с Al сопровождается резким переходом желтой окраски р-ра ($\lambda_{\text{макс}}$ 430 нм) в фиолетово-синюю ($\lambda_{\text{макс}}$ 545 нм) при pH 5,3–6,1, предел обнаружения 0,006 мкг/мл.



Лит.: Тихонов В. Н., Аналитическая химия алюминия, М., 1971; Саввин С. Б., Чернова Р. К., Штыков С. Н., Поверхностно-активные вещества, М., 1991. А. В. Михайлова.

ХРОМАТИН, нуклеопротеид клеточного ядра, составляющий основу *хромосом*. В состав *Х.* входят: ДНК (30–40% по массе), гистоны (30–50%), негистоновые белки (4–33%) и РНК. Кол-во негистоновых белков, РНК, а также размеры молекул ДНК колеблются в широких пределах в зависимости от метода выделения *Х.* и природы объекта. Взаимод. между гистонами и ДНК гл. обр. ионное.

В зависимости от степени конденсации (плотности упаковки) и коррелирующей с ней активности *Х.* в интерфазе (часть клеточного цикла между двумя последоват. делениями) различают *гетерохроматин* и *эухроматин*. *Гетерохроматин* бывает конститутивный (структурный) и факультативный. Если для факультативного *гетерохроматина* конденсированное (плотное упакованное) состояние – явление временное, наступающее как следствие инактивации *Х.*, напр., в ходе развития или дифференцировки, то конститутивный *гетерохроматин* конденсирован всегда. Ф-ции его неясны.

Эухроматин отличается от *гетерохроматина* менее плотной упаковкой хромосомного материала, большим кол-вом негистоновых белков и др. Может инактивироваться и приобретать св-ва факультативного *гетерохроматина*.

Структуру *Х.* формирует элементарная фибрилла диаметром 10 нм. Для нее известны 4 уровня укладки в более сложные структуры. Важнейший этап в структурных исследованиях *Х.* – открытие в 1973 осн. структурной единицы *Х.* – нуклеосомы. Она состоит из универсальной «кор»-частицы, образованной ДНК (146 нуклеотидных пар), октамером из 4 гистонов (H2A, H2B, H3 и H4 – по две молекулы каждого) и линкерной ДНК переменной длины (0–80 нуклеотидных пар), связанной с гистонем H1. Последовательность расположения гистонов вдоль молекулы ДНК имеет вид – H3 – H2A – H2B – (H4, H3)₂ – H2B – H2A – H3. Согласно пространств. модели А. Клуа «кор»-частица выглядит как плоский диск диаметром 11 нм, толщиной 5,7 нм, с осью симметрии 2-го порядка, на внеш. пов-сть к-рой намота двойная спираль ДНК в В-форме, образующая 1,75 витка левой суперспирали.

Для фибриллы диаметром 10 нм предложена модель «бусы на нитке» со специфич. по отношению к нуклеотидной последовательности ДНК расположением нуклеосом (т. наз. фазированием). Следующий уровень организации представлен толстой фибрилой диаметром 30 нм. Ее описывают две альтернативные модели: регулярная спираль – соленоид, на один виток к-рой приходится от 3 до 7–8 нуклеосом и менее признанная глобулярная, где каждые 6–12 нуклеосом образуют глобулу. Важную роль в наднуклеосомной организации *Х.* играет гистон H1. Детали устройства т. наз. петельной или доменной структуры *Х.* и собственно хромосомы в метафазе (одна из стадий деления клетки) неизвестны. Интересна гипотеза о соответствии одного домена одному или, в крайнем случае, неск. генам.

В ходе *экспрессии генов* структура *Х.* претерпевает глубокие изменения, однако судьба нуклеосом при *транскрипции* остается непонятой. Для активного *Х.* характерны: модификация гистонов, повышенное содержание негистоновых белков, наличие деметилированной ДНК, угловое напряжение в ДНК, наличие свободных зон (участков свободной ДНК) и т. д. Выяснение связи между структурой и ф-цией *Х.* – фундам. задача мол. биологии.

Термин «*Х.*» ввел В. Флемминг в 1880.

Лит.: Ченцов Ю. С., Общая цитология, М., 1978; Георгиев Г. П., Гены высших организмов и их экспрессия, М., 1989. Г. Я. Коломийцева.

ХРОМАТОГРАФИЯ, метод разделения, анализа и физ.-хим. исследования в-в. Обычно основана на распределении исследуемого в-ва между двумя фазами – неподвижной и подвижной (э л е м е н т).

Неподвижная фаза гл. обр. представляет собой сорбент с развитой пов-стью, а подвижная – поток газа (пара, флюида – в-во в сверхкритич. состоянии) или жидкости. Поток подвижной фазы фильтруется через слой сорбента или перемещается вдоль слоя сорбента.

Основные виды хроматографии. В зависимости от агрегатного состояния подвижной фазы различают газовую, флюидную (или сверхкритич. *Х.* с флюидом в качестве элюента; см. *Капиллярная хроматография*) и жидкостную *Х.* В качестве неподвижной фазы используют твердые (или твердообразные) тела и жидкости. В соответствии с агрегатным состоянием подвижной и неподвижной фаз различают следующие виды *Х.*: 1) газо-твердофазную *Х.*, или *газоадсорбционную хроматографию*; 2) газо-жидкостную *хроматографию* (газо-жид-

ко-твердофазную); 3) жидко-твердофазную X.; 4) жидко-жидкофазную X.; 5) флюидно-твердофазную X.; 6) флюидно-жидко-твердофазную X.

Строго говоря, газо-жидкостная X. пока не реализована, на практике используют только газо-жидко-твердо-фазную X. (см. Газовая хроматография). Жидко-жидкофазная X. реализована, однако преим. используют жидко-жидко-твердо-фазную X. (неподвижной фазой служит твердый носитель с нанесенной на его пов-сть жидкостью; см. Жидкостная хроматография).

По механизму разделения в-в различают адсорбционную, распределительную, ионообменную, эксклюзионную, аффинную (биоспецифическую), осадочную X. На практике часто реализуется одновременно неск. механизмов разделения (напр., адсорбционно-распределительный, адсорбционно-эксклюзионный и т. д.).

По геометрии сорбционного слоя неподвижной фазы различают колоночную и плоскостойную X. К плоскостойной относятся тонкослойная хроматография и бумажная хроматография. В колоночной X. обычно выделяют капиллярную X., в к-рой сорбент расположен на внутр. стенках колонки, а центр. часть колонки остается незаполненной сорбентом, т.е. открытой для потока элюента (X. на открытых капиллярных колонках).

В зависимости от способа ввода пробы и способа перемещения хроматографич. зон по слою сорбента различают след. варианты X.: проявительный (или элюентный), фронтальный и вытеснительный. В наиб. часто используемом проявительном варианте анализируемую смесь периодически импульсно вводят в поток подвижной фазы; в колонке анализируемая смесь разделяется на отдельные компоненты, между к-рыми находятся зоны подвижной фазы.

Во фронтальном варианте X. пробу, содержащую разделяемые в-ва, непрерывно подают в колонку. Можно также подавать в колонку одновременно пробу и подвижную фазу. Во фронтальной X. только первый, наименее сорбируемый компонент можно получить в чистом виде на выходе из колонки, вторая и последующая зоны содержат по два и более компонентов разделяемой смеси.

В вытеснительном варианте X. в колонку после подачи разделяемой смеси вводят спец. в-во (т. наз. вытеснитель), к-рое сорбируется лучше любого из разделяемых компонентов. В вытеснительной X. образуются примыкающие друг к другу зоны разделяемых в-в. Во фронтальном и вытеснительном вариантах X. необходима регенерация колонки перед след. опытом.

Основы хроматографич. процесса. Для проведения хроматографич. разделения в-в или определения их физ.-хим. характеристик обычно используют спец. приборы — хроматографы. Осн. узлы хроматографа — хроматографич. колонка, детектор, а также устройство для ввода пробы. Колонка, содержащая сорбент, выполняет ф-цию разделения анализируемой смеси на составные компоненты, а детектор — ф-цию их количеств. определения. Детектор, расположенный на выходе из колонки, автоматически непрерывно определяет концентрацию разделяемых соед. в потоке подвижной фазы (см. Детекторы хроматографические).

После ввода анализируемой смеси с потоком подвижной фазы в колонку зоны всех в-в расположены в начале хроматографич. колонки (рис. 1). Под действием потока подвижной фазы компоненты смеси начинают перемещаться вдоль колонки с разл. скоростями, величины к-рых обратно пропорциональны коэффициентам распределения K (или константам распределения) хроматографируемых компонентов. Хорошо сорбируемые в-ва, значения констант распределения для к-рых велики, передвигаются вдоль слоя сорбента по колонке медленнее, чем плохо сорбируемые. Поэтому быстрее всех из колонки выходит компонент А, затем компонент Б и последний покидает колонку компонент В ($K_A < K_B < K_V$). Сигнал детектора, величина к-рого пропорциональна концентрации определяемого в-ва в потоке элюента, автоматически непрерывно записывается и регистрируется (напр., на диаграммной ленте). Полученная хроматограм-

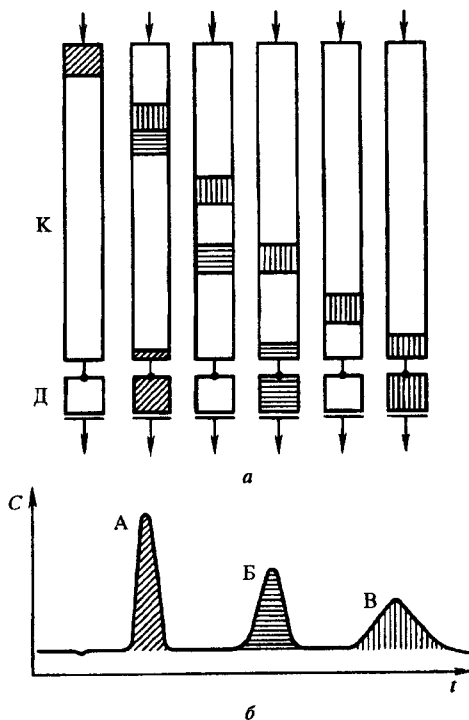


Рис. 1. Разделение смеси из трех компонентов (А, Б и В) на хроматографической колонке К с детектором Д: а — положение хроматографических зон разделяемых компонентов в колонке через определенные интервалы времени; б — хроматограмма (С — сигнал, t — время).

ма отражает расположение хроматографич. зон на слое сорбента или в потоке подвижной фазы во времени.

При плоскостойном хроматографич. разделения лист бумаги или пластину со слоем сорбента с нанесенными пробами исследуемого в-ва помещают в хроматографич. камеру. После разделения компоненты определяют любым подходящим методом.

Основные величины удерживания и качественный анализ. Хроматограмма — первичный результат хроматографич. разделения. Используя хроматограмму, можно определять осн. характеристики хроматографич. процесса: параметры удерживания, размывания и разделения хроматографируемых соединений. Осн. характеристика в-ва при колоночной X. (если т-ра колонки, состав подвижной фазы и ее скорость постоянны) — объем удерживания (или время удерживания в случае жидкостной X.), к-рый для i-го компонента зависит от его константы распределения K_i .

Если неподвижная фаза — твердое тело, на пов-сть к-рого нанесена в форме тонкого слоя неподвижная жидкая фаза (НЖФ), удерживание определяется как адсорбцией разделяемых соед. слоем НЖФ, так и их адсорбцией пов-стями раздела: подвижная фаза — НЖФ и НЖФ — твердое тело. Для качеств. характеристики хроматографируемых соед. преим. применяют относит. величины удерживания, поскольку эти величины в меньшей мере, чем абс. величины, зависят от условий эксперимента.

Для характеристики относит. времени удерживания в X. используют системы с двумя стандартами, в качестве к-рых в наиб. распространенной системе индексов удерживания Ковача I_i применяют соед. одного гомологич. ряда. Эти стандарты выбирают таким образом, чтобы определяемое соед. выходило из колонки позже стандарта (напр., алкана), молекула к-рого содержит z атомов углерода, и раньше стандарта, молекула к-рого содержит z + 1 атомов углерода. I_i определяют по ф-ле (рис. 2):

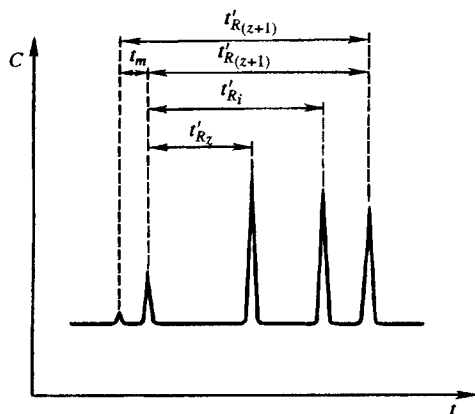


Рис. 2. Определение индекса удерживания I_i с использованием n -алканов с числом атомов z и $z+1$; пояснения в тексте.

$$I_i = 100z + 100 \frac{\lg(t'_{R(z+1)}/t'_{R_i})}{\lg(t'_{R(z+1)}/t'_{R_z})},$$

где $t'_{R(z+1)}$ – время удерживания алкана C_{z+1} ; t'_{R_z} , $t'_{R(z+1)}$, t'_{R_i} – исправленные времена удерживания соотв. для алканов C_z и C_{z+1} и i -го компонента; t_m – время удерживания несорбирующегося компонента.

Идентификацию пиков неизвестных компонентов анализируемой смеси проводят путем сопоставления (сравнения) относит. величин, определяемых непосредственно из хроматограммы, с соответствующими табличными данными для известных соединений. При идентификации в Х. достоверен только отрицат. ответ; напр., пик i не является в-вом А, если времена удерживания пика i и в-ва А не совпадают. Совпадение времен удерживания пика i и в-ва А – необходимое, но недостаточное условие для заключения, что пик i – это в-во А.

Эффективность хроматографической колонки. При продвижении зон разделяемых соед. под действием потока подвижной фазы вдоль слоя сорбента происходит одновременно два противоположных процесса: возрастает расстояние между максимумами концентрации хроматографич. зон (что улучшает разделение) и увеличивается ширина хроматографич. зон (что ухудшает разделение). Качественно эффективность колонки тем выше, чем уже, острее зоны хроматографируемых соединений. Количеств. характеристикой эффективности колонки служит число теоретич. тарелок. Эффективность колонки тем выше, чем больше характерное для нее число теоретич. тарелок N . Число N для i -го компонента вычисляют по ур-нию: $N_i = 5,45(t'_{R_i}/w_{h_i})^2$, где t'_{R_i} и w_{h_i} – соотв. время удерживания i -го компонента и ширина пика, измеренная на половине его высоты (рис. 3). Число N пропорционально квадрату числа пиков, к-рые можно разместить на хроматограмме на отрезке, соответствующем времени удерживания данного соединения.

Разделение. Разделение смеси соед. – основная цель аналит. и препаративной Х. Для характеристики разделения трудно-разделимых (критических) пар соед. используют особую величину – степень разделения (рис. 3):

$$R_{ij} = \frac{2(t'_{R_j} - t'_{R_i})}{w_{b_i} + w_{b_j}},$$

где t'_{R_j} – время удерживания j -го компонента; t'_{R_i} – исправленное время удерживания j -го компонента; w_{b_i} и w_{b_j} – ширина хроматографич. зон, измеренная у основания пиков на хроматограмме, $\Delta t = t'_{R_j} - t'_{R_i}$.

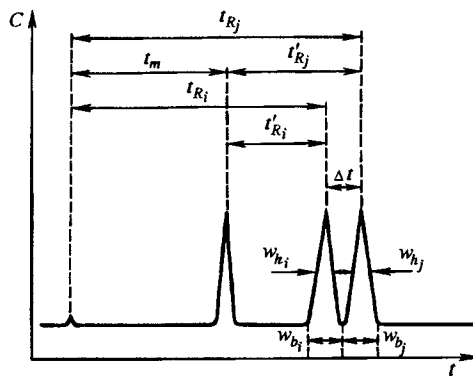


Рис. 3. Определение степени разделения R_{ij} ; пояснения в тексте.

Количественно зависимость степени разделения от параметров хроматографич. разделения отражает ур-ние Пернелла:

$$R_{ij} = \frac{\sqrt{N}}{4} \cdot \frac{\alpha_{ij} - 1}{\alpha_{ij}} \cdot \frac{k_j}{k_j + 1},$$

где α_{ij} – селективность разделения i -го и j -го компонентов; k_j – коэф. емкости (или коэф. извлечения) компонента j , причем $k_j = t'_{R_j}/t_m$. Как следует из этого ур-ния, степень разделения увеличивается с ростом эффективности колонки ($1/4 \sqrt{N}$), селективности ($\alpha_{ij} - 1$) и емкости колонки $k_j/(k_j + 1)$. Селективность разделения характеризуется величиной относит. удерживания r_{ij} :

$$\alpha_{ij} = r_{ij} = \frac{V'_{R_j}}{V'_{R_i}} = \frac{t'_{R_j}}{t'_{R_i}} = \frac{K_j}{K_i},$$

где V'_{R_j} и V'_{R_i} – исправленный объем удерживания для j -го и i -го компонентов; K_i и K_j – коэф. распределения в системе неподвижная фаза – подвижная фаза для i -го и j -го компонента. Величины r_{ij} достаточно инвариантны; они не зависят от таких условий эксперимента, как скорость газа-носителя, кол-во сорбента, длина колонки и т. п.

Х. – один из основных методов количеств. анализа орг. и неорг. соединений. При постоянных условиях эксперимента величина сигнала детектора прямо пропорциональна концентрации i -го компонента в подвижной фазе, а площадь его пика на хроматограмме S_i – кол-во анализируемого соединения. Долю i -го компонента в процентах в n -компонентной смеси рассчитывают по ф-ле:

$$P_i = \frac{a_i S_i}{\sum_1^n a_j S_j} \cdot 100,$$

где a_i и a_j – поправочные коэф., определяемые чувствительностью детектора к анализируемому в-ву. Предел обнаружения при использовании высокочувствит. детекторов составляет $10^{-10}\%$, обычно погрешность определения 0,1–20%.

Недостаток хроматографич. методов – периодичность анализа (показания запаздывают на время, равное продолжительности разделения) – является существенным, в осн., для пром. Х., к-рую используют для контроля и регулирования пром. многотоннажных процессов.

Аналит. Х. применяют в научных исследованиях, хим. и фармацевтич. пром-сти, медицине, для контроля практически всех объектов окружающей среды, в газовой и нефтеперерабатывающей пром-сти и т. д.

Препаративную Х. используют для получения узких фракций смесей и чистых в-в в произ-ве хим. реактивов, а также в фармацевтич., парфюмерной пром-сти, при разделении

изотопов, в биохимии и т.п. Разделяют смеси массой 1–1000 г, диаметр колонок 2–100 см.

Х. применяют для определения физ.-хим. характеристик в-в: коэф. распределения, энтальпии растворения, адсорбции, констант устойчивости комплексных соед., коэф. диффузии в газовой и жидкой фазах и т.д., а также как метод исследования кинетики гетерогенных и гомогенных р-ций. См. также *Хроматография с программированием температуры, Хромато-масс-спектрометрия*.

Х. открыл М.С. Цвет в 1903.

Лит.: Белецкий Б.Г., Вилечик Л.З., *Хроматография полимеров*, М., 1978; Киселев А.В., Яшин Я.И., *Адсорбционная газовая и жидкостная хроматография*, М., 1979; Кирхнер Ю., *Тонкослойная хроматография*, пер. с англ., т. 1–2, М., 1981; Березкин В.Г., *Газо-жидко-твердофазная хроматография*, М., 1986; *Хроматография*, под ред. Э. Хефтмана, пер. с англ., ч. 1–2, М., 1986; Даванков В.А., Навратил Дж., Уолтон Х., *Лигандообменная хроматография*, пер. с англ., М., 1989; Гольберт К.А., Вигдербгауз М.С., *Введение в газовую хроматографию*, 3 изд., М., 1990; *Количественный анализ хроматографическим методом*, под ред. Э. Кэца, пер. с англ., М., 1990; *Препаративная жидкостная хроматография*, под ред. Б. Бидлингмайера, пер. с англ., М., 1990; *Сверхкритическая флюидная хроматография*, под ред. Р. Смита, пер. с англ., М., 1991; Snyder L., Kirkland J., *Introduction to modern liquid chromatography*, 2 ed., N. Y., 1979. В.Г. Березкин.

ХРОМАТОГРАФИЯ НА БУМАГЕ, то же, что *бумажная хроматография*.

ХРОМАТОГРАФИЯ ПРЕПАРАТИВНАЯ (ПХ), включает разработку и применение хроматографич. методов и аппаратуры для получения чистых в-в (содержащих не более 0,1% примесей). Особенность ПХ – использование хроматографич. колонн большого диаметра (1–30 см) и спец. устройств для выделения и сбора компонентов. В лабораторных на колонках диаметром 8–15 мм выделяют 0,1–10 г в-ва, на полупром. установках с колоннами диаметром 10–20 см – неск. кг. Созданы пром. приборы с колоннами диаметром ок. 0,5 м для получения неск. т в-ва.

Большой диаметр колонн приводит к тому, что плотность сорбента по сечению неодинакова, влияние на разделение оказывают тепловые эффекты сорбции и десорбции, а большой объем пробы не удастся вводить одновременно на весь верх. слой сорбента. Эти факторы снижают эффективность препаративных колонн: на полупром. установках высота, эквивалентная теоретич. тарелке (ВЭТТ), не ниже 2–4 мм. Производительность препаративных колонн относительно невысока (до $10 \text{ см}^3 \text{ см}^{-2} \text{ час}^{-1}$) и зависит от природы разделяемых в-в и емкости сорбента.

Потери в-ва в препаративных колоннах малы, что позволяет широко использовать ПХ для разделения небольших кол-в сложных синтетич. и природных смесей. Газовую ПХ применяют при получении чистых углеводородов, спиртов, карбоновых к-т и др. орг. соед. (в т.ч. хлорсодержащих), жидкостную – при получении лек. ср-в, полимеров с узким ММР, аминокислот, белков и др.

Лит.: Сакодынский К.И., Волков С.А., *Препаративная газовая хроматография*, М., 1972.

ХРОМАТОГРАФИЯ С ПРОГРАММИРОВАНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ (температурно-градиентная хроматография), газовая хроматография (ГХ), в к-рой разделение в-в проводят при заданном режиме изменения т-ры хроматографич. колонки. Этот вид ГХ применяют для сокращения времени анализа смесей в-в, кипящих в широком диапазоне т-р, а также для концентрирования примесей и препаративного получения чистых в-в. Включает метод, в к-ром изменяют т-ру всей колонки во времени (наиб. широко используется в анализ. практике; часто именно этот метод наз. «Х. с п. т.»), а также методы с изменением т-ры как во времени, так и по длине колонки, – тепловую десорбцию, элюентно-тепловытеснит. метод, хроматермографию, теплодинамич. метод. Температурно-градиентные методы имеют важное значение в др. видах хроматографии: хроматографии без газа-носителя, хромареографии, хроматистилляции.

При изотермич. режиме (см. *Газовая хроматография*) наблюдается неудовлетворит. разделение компонентов либо в начале, либо в конце хроматографирования. Программирование т-ры позволяет разделить и выделить все компоненты смеси. Изменение т-ры бывает ступенчатым (т-ру колонки

меняют быстро, практически скачком) или, как правило, постепенным. Первоначально применяли нелинейные программы изменения т-ры (баллистические), теперь чаще всего используют приборы, обеспечивающие линейное программирование т-ры: $T = T_0 + \beta t$, где T_0 – начальная т-ра; β – скорость ее изменения; t – время.

Обычно программирование т-ры реализуют путем изменения т-ры термостата колонки. Применяют также непосредств. нагрев металлич. колонки электрич. током, когда необходим быстрый или нелинейный режим разогрева колонки.

Т-ра удерживания T_R отвечающая моменту выхода максимума пика, связана с параметрами, характеризующими компонент и условия опыта, след. ур-нием:

$$\beta/F_c = \int_{T_0}^{T_R} dT/V_R,$$

где F_c – объемная скорость потока газа-носителя, V_R – объем удерживания компонента, к-рый в осн. определяется его сорбируемостью, зависящей от т-ры. Расчетные характеристики кривые строят либо с использованием эксперим. данных о зависимости V_R от т-ры, либо получая приближенные выражения, при этом задают величину «мертвого» объема колонки, характер стабилизации потока (постоянство скорости или давления), перепад давления по колонке и т.д. Т-ра изотермич. опыта (эквивалентная т-ра), обеспечивающая такое же, как в опыте с программированием т-ры, время удерживания пика, составляет $0,85T_R$. Индекс удерживания (см. *Газо-жидкостная хроматография*), рассчитанный по т-рам удерживания, приблизительно соответствует линейному индексу удерживания, рассчитанному по данным изотермич. опыта при эквивалентной т-ре. Оптимальная селективность разделения (см. *Хроматография*) при ГХ с программированием т-ры может превышать 2 и наблюдается при отношениях β/F_c , близких к 0,1.

Если в изотермич. ГХ ширина пика увеличивается с возрастанием времени удерживания, то при больших значениях β в методе с программированием т-ры ширина пиков может оставаться неизменной, при этом обеспечивается равномерное разделение (напр., гомологов углеводородов).

При использовании метода тепловой десорбции (вариант вытеснит. хроматографии) разделяемую смесь сначала вводят в хроматографич. колонку, на к-рую затем надвигают длинную печь с равномерным температурным полем. В результате послышного прогрева сорбента в колонке перед печью формируются зоны индивидуальных компонентов, перемещающиеся со скоростью движения печи w . Хроматограмма при этом имеет ступенчатый вид. Этот метод применяют для препаративного выделения небольших кол-в особо чистых в-в и концентрирования примесей.

В элюентно-тепловытеснит. методе разделение также происходит в колонке впереди движущегося теплового поля (высокотемпературной зоны), однако дополнительно используют небольшой поток газа-носителя, причем скорость движения теплового поля больше скорости движения разделяемых компонентов в условиях элюентной хроматографии. По сравнению с методом тепловой десорбции этот метод позволяет снизить т-ру теплового поля, уменьшить его протяженность, что расширяет область применения.

Метод, в к-ром после ввода пробы на движение градиентного температурного поля налагается поток газа-носителя, причем разделение происходит в области движущегося по колонке теплового поля, наз. *хроматермографией*. Наиб. широко используют стационарную хроматермографию, когда т-ра падает в направлении движения потока газа-носителя (отрицат. температурный градиент). В хроматермографии применяют движущуюся печь, расположенные вдоль колонки электрич. нагреватели с программированием температурного градиента либо электрич. нагреватели, создающие постоянный температурный градиент совместно с термостатом колонки. Движение молекул анализируемого в-ва в области низких т-р замедляется, а в области высоких – ускоряется.

Тем самым обеспечивается концентрирование каждого i -го компонента в хроматографич. зоне при определенной для данного v -ва T_i :

$$T_i = -Q_i / R \ln A\eta,$$

где Q_i — теплота адсорбции; A — постоянная, $\eta = w/u$; u — линейная скорость потока; R — универсальная газовая постоянная. Т. обр. все компоненты движутся с одной скоростью w . Быстрое установление стационарного распределения v -в в температурном поле печи позволяет снизить длину сорбционного слоя колонки, необходимого для разделения смеси. На хроматограмме, как правило, наблюдаются симметричные пики даже при нелинейных изотермах сорбции. Хроматография обеспечивает сжатие хроматографич. зон. Температурный коэф. обогащения (увеличение концентрации анализируемого v -ва в газовой фазе) O_T связан с изменением адсорбции v -ва при t -рах ввода его в колонку T_0 и выхода из нее T_x : $O_T = \Gamma(T_0)/\Gamma(T_x)$, где Γ и Γ' — постоянные Генри при T_0 и T_x . Сжатие зоны обусловлено разными скоростями движения ее переднего (при более низкой t -ре) и заднего (при более высокой t -ре) фронтов в температурном поле.

Теплодинамич. метод (вариант стационарной хроматографии) сочетает непрерывный ввод анализируемой смеси в колонку с периодич. воздействием движущегося температурного поля с отрицат. температурным градиентом. Часто используют колонку в виде незамкнутого кольца, вдоль к-рого перемещается одна или неск. коротких печей. Периодически получаемая хроматограмма отвечает среднему кол-ву v -ва, накопленному в слое сорбента за время цикла.

Для увеличения степени разделения компонентов предложены варианты нестационарной хроматографии с обратным температурным градиентом (t -ра в печи нарастает в направлении потока («адсорбционное торможение») и против потока. В обоих случаях сильнее ускоряются легкие компоненты, что обеспечивает их лучшее отделение от более тяжелых. Этим методом достигнут ниж. предел обнаружения примесей 10^{-10} при коэф. обогащения более 10^5 . Методы хроматографии применяют для определения примесей в газах на приборах, использующих криогенные t -ры для создания температурного градиента.

При хроматографии без газа-носителя, когда разделяемые компоненты имеют большие давления насыщенного пара (близкие к атм. давлению), изменение скорости потока по слою сорбента происходит из-за адсорбции. Проведение процесса в теплодинамич. режиме позволяет добиться preparативного разделения смеси до отдельных компонентов, выделяющихся при определенных для данных условий концентрациях.

В условиях обратного градиента t -ры, возникающего на замыкающем крае печи при ее движении по сорбенту, заполненному сорбирующимся газом-носителем, образуется стационарное поле («волна») скоростей потока (режим хроматографии). Этот вариант ГХ используют для концентрирования примесей более легких, чем основной компонент смеси.

Хроматодистилляцию проводят при отрицат. температурном градиенте с применением инертного твердого носителя; анализируемая смесь полностью разделяется в результате многократного испарения в потоке газа-носителя при более высоких t -рах и конденсации при более низких t -рах. Изменение t -ры во времени от -100 до 400°C позволяет осуществлять фракционную разгонку сложных смесей нефтепродуктов в широком диапазоне t -р кипения от 36 до 800°C . Поскольку при хроматодистилляции величина пробы примерно в 1000 раз превышает такую для ГХ, создают возможность для соответствующего увеличения чувствительности определения примесей, измерения физ.-хим. характеристик компонента при высоких концентрациях в r -ре.

Программирование температуры колонки во времени впервые описали в 1952 Дж. Гриффитс, Д. Джеймс и К. Филиппс. Тепловытеснительный метод предложили в 1943–47 Н. К. Тернер и М. И. Яновский; элюентно-тепловытеснит. — в 1965 В. Г. Березкин, А. А. Жуховицкий, Н. М. Туркельтауб

описали хроматермографию в 1950, теплодинамич. метод — в 1953, хроматографию без газа-носителя — в 1963, хроматермографию — 1973, хроматодистилляцию — в 1974.

Лит.: Яновский С. М., «Успехи химии», 1986, т. 55, в. 7, с. 1162–97; Руководство по газовой хроматографии, под ред. Э. Лейбница, Х. Штруппе, пер. с нем., ч. 1–2, М., 1988; Гольберт К. А., Вигдергауз М. С., Введение в газовую хроматографию, 3 изд., М., 1990; Гношон Ж., Гийеми К., Количественная газовая хроматография, пер. с англ., ч. 1, М., 1991.

С. М. Яновский.

ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ, метод анализа смесей ил. обр. орг. v -в и определения следовых кол-в v -в в объеме жидкости. Метод основан на комбинации двух самостоят. методов — хроматографии и масс-спектрометрии. С помощью первого осуществляют разделение смеси на компоненты, с помощью второго — идентификацию и определение строения v -ва, количеств. анализ. Известны 2 варианта Х.-м.-с., представляющие собой комбинацию масс-спектрометрии либо с газо-жидкостной хроматографией (ГЖХ), либо с высокоэффективной жидкостной хроматографией.

Первые исследования аналит. возможностей Х.-м.-с. были проведены в 1950-х гг., первые пром. приборы, объединяющие газо-жидкостной хроматограф и масс-спектрометр, появились в 60-х гг. Принципиальная совместимость этих двух приборов обусловлена тем, что в обоих случаях анализируемое v -во находится в газовой фазе, рабочие температурные интервалы одинаковы, пределы обнаружения (чувствительность) близки. Различие состоит в том, что в ионном источнике масс-спектрометра поддерживается высокий вакуум (10^{-5} – 10^{-6} Па), тогда как давление в хроматографич. колонке 10^5 Па. Для понижения давления используют мол. сепаратор, к-рый одним концом соединен с выходом хроматографич. колонки, а другим — с ионным источником масс-спектрометра. Мол. сепаратор удаляет из газового потока, выходящего из колонки, осн. часть газа-носителя, а орг. v -во пропускает в масс-спектрометр. При этом давление на выходе колонки понижается до рабочего давления в масс-спектрометре.

Принцип действия мол. сепараторов основан либо на различии подвижности молекул газа-носителя и анализируемого v -ва, либо на их разл. проницаемости через полупроницаемую мембрану. В пром.-сти чаще всего применяют эжекторные сепараторы, работающие по первому принципу. Одностадийные сепараторы этого типа содержат две форсунки с отверстиями небольшого диаметра, к-рые установлены точно напротив друг друга. В объеме между форсунками создается давление $1,33$ Па. Газовый поток из хроматографич. колонки через первую форсунку со сверхзвуковой скоростью попадает в область вакуума, где молекулы распространяются со скоростями, обратно пропорциональными их массе. В результате более легкие и быстрые молекулы газа-носителя откачиваются насосом, а более медленные молекулы орг. v -ва попадают в отверстие второй форсунки, а затем в ионный источник масс-спектрометра. Нек-рые приборы снабжены двухстадийным мол. сепаратором, снабженным еще одним подобным блоком форсунок. В объеме между ними создается высокий вакуум. Чем легче молекулы газа-носителя, тем эффективнее они удаляются из газового потока и тем выше обогащение орг. v -вом.

Наиб. удобный для Х.-м.-с. газ-носитель — гелий. Эффективность работы сепаратора, т. е. отношение кол-ва орг. v -ва в газовом потоке, выходящем из колонки, к его кол-ву, поступающему в масс-спектрометр, в значит. степени зависит от расхода газа-носителя, попадающего в сепаратор. При оптимальном расходе 20 – 30 мл/мин удаляется до 90% газа-носителя, а в масс-спектрометр поступает более 60% анализируемого v -ва. Такой расход газа-носителя типичен для насадочных колонок. В случае использования капиллярной хроматографич. колонки расход газа-носителя не превышает 2 – 3 мл/мин, поэтому на ее выходе в газовый поток добавляют дополнит. кол-во газа-носителя, чтобы скорость потока, поступающего в мол. сепаратор, достигла 20 – 30 мл/мин. Тем самым обеспечивается наилучшая эффективность мол. сепаратора. Гибкие кварцевые капиллярные колонки могут вводиться непосредственно в ионный источник. В этом случае ионный источник должен быть обеспечен мощной откачивающей системой, поддерживающей высокий вакуум.

В масс-спектрометрах, соединенных с газовыми хроматографами, применяется ионизация электронным ударом, химическая или полевая. Хроматографич. колонки должны содержать труднолетучие и термостабильные стационарные жидкие фазы, чтобы масс-спектр их паров не налагался на спектр анализируемого в-ва.

Анализируемое в-во (обычно в р-ре) вводится в испаритель хроматографа, где мгновенно испаряется, а пары в смеси с газом-носителем под давлением поступают в колонку. Здесь происходит разделение смеси, и каждый компонент в токе газа-носителя по мере элюирования из колонки поступает в мол. сепаратор. В сепараторе газ-носитель в осн. удаляется и обогащенный орг. в-вом газовый поток поступает в ионный источник масс-спектрометра, где молекулы ионизируются. Число образующихся при этом ионов пропорционально кол-ву поступающего в-ва. С помощью установленного в масс-спектрометре датчика, реагирующего на изменение полного ионного тока, записывают хроматограммы. Т. обр. масс-спектрометр можно рассматривать как универсальный детектор к хроматографу. Одновременно с записью хроматограммы в любой ее точке, обычно на вершине хроматографич. пика, м. б. зарегистрирован масс-спектр, позволяющий установить строение в-ва.

Важное условие работы прибора – быстрая запись масс-спектра, к-рый должен регистрироваться за время, гораздо меньшее, чем время выхода хроматографич. пика. Медленная запись масс-спектра может исказить соотношение интенсивностей пиков в нем. Скорость регистрации масс-спектра (скорость сканирования) определяется масс-анализатором. Наименьшее время сканирования полного масс-спектра (неск. миллисекунд) обеспечивает квадрупольный анализатор. В совр. масс-спектрометрах, снабженных ЭВМ, построение хроматограмм и обработка масс-спектров производится автоматически. Через равные промежутки времени по мере элюирования компонентов смеси регистрируются масс-спектры, количеств. характеристики к-рых накапливаются в памяти ЭВМ. Для каждого сканирования производится сложение интенсивностей всех регистрируемых ионов. Т. к. эта суммарная величина (полный ионный ток) пропорциональна концентрации в-ва в ионном источнике, то ее используют для построения хроматограммы (эта величина откладывается по оси ординат, по оси абсцисс – время удерживания и номер сканирования). Задавая номер сканирования, можно вызвать из памяти масс-спектр в любой точке хроматограммы.

Как описано выше, м. б. проанализированы смеси в-в, достаточно хорошо разделяемые на подходящих колонках. Иногда удается исследовать и неразрешенные хроматографич. пики. Исследуемые в-ва должны быть термически стабильны, хроматографически подвижны в интервале рабочих т-р колонки, легко переводиться в паровую фазу при т-ре испарителя. Если в-ва не удовлетворяют этим требованиям, их можно химически модифицировать, напр. силилированием, алкилированием или ацилированием гидрокси-, карбокси-, меркапто-, аминогрупп.

Чувствительность Х.-м.-с. (обычно 10^{-6} – 10^{-9} г) определяется чувствительностью детектора масс-спектрометра. Более чувствительна (10^{-12} – 10^{-15} г) разновидность Х.-м.-с. – масс-фрагментография, наз. также селективным ионным или многоионным детектированием. Суть ее состоит в том, что запись хроматограмм осуществляется не по полному ионному току, а по наиб. характерным для данного в-ва ионам. Этот вид Х.-м.-с. используют для поиска, идентификации и количеств. анализа в-ва с известным масс-спектром в составе сложной смеси, напр. при количеств. определении следов в-в в больших объемах биол. жидкостей (медицина, фармакология, токсикология, допинг-контроль, биохимия). Осуществляют масс-фрагментографию на хромато-масс-спектрометрах с использованием спец. устройства – многоионного детектора либо с помощью ЭВМ, к-рая может строить хроматограммы по одному или неск. ионам. Такая хроматограмма, в отличие от обычной, содержит пики лишь тех компонентов, в масс-спектрах к-рых есть такие ионы. Анализ проводят с применением внутр. стандарта, в качестве к-рого часто ис-

пользуют аналог искомого в-ва, меченный стабильными изотопами (^2H , ^{13}C , ^{15}N , ^{18}O).

Другой вариант Х.-м.-с. заключается в сочетании высокоэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии. Метод предназначен для анализа смесей труднолетучих, полярных в-в, не поддающихся анализу методом ГЖХ. Для сохранения вакуума в ионном источнике масс-спектрометра необходимо удалять р-ритель, поступающий из хроматографа со скоростью 0,5–5 мл/мин. Для этого часть жидкого потока пропускают через отверстие в неск. мкм, в результате чего образуются капли, к-рые далее попадают в обогреваемую зону, где большая часть р-рителя испаряется, а оставшаяся вместе с в-вом попадает в ионный источник и ионизируется химически.

В ряде пром. приборов реализован принцип ленточного транспорта. Элюат из колонки попадает на движущуюся ленту, к-рая проходит через обогреваемую ИК излучением камеру, где испаряется р-ритель. Затем лента с в-вом проходит через область, обогреваемую др. нагревателем, где испаряется анализируемое в-во, после чего оно поступает в ионный источник и ионизируется. Более эффективный способ сочетания высокoeffективного газо-жидкостного хроматографа и масс-спектрометра основан на электро- и термораспылении. В этом случае элюат пропускают через капилляр, нагретый до 150 °C, и распыляют в вакуумную камеру. Ионы буфера, присутствующие в р-ре, участвуют в ионообразовании. Образовавшиеся капли несут положит. или отрицат. заряд. Вдоль капли из-за малого ее диаметра создается высокий градиент электр. поля, причем по мере распада капель этот градиент возрастает. При этом происходит десорбция из капель протонированных мол. ионов или кластеров (молекула в-ва + катион буфера).

Метод Х.-м.-с. используют при структурно-аналит. исследованиях в орг. химии, нефтехимии, биохимии, медицине, фармакологии, для охраны окружающей среды и др.

Лит.: Хмельницкий Р. А., Бродский Е. С., Хромато-масс-спектрометрия, М., 1984; Зайкин В. Г., Мика А. И., Химические методы в масс-спектрометрии органических соединений, М., 1987; Карасек Ф., Клемент Р., Введение в хромато-масс-спектрометрию, пер. с англ., М., 1993. В. Г. Зайкин.

ХРОМАТЫ, соли хромовых к-т (см. *Хрома оксиды*). Наиб. часто встречаются хроматы(VI) – производные CrO_3 , желтого или красного цвета (табл. 1). Их получают взаимод. р-ров H_2CrO_4 (или CrO_3) с оксидами, гидроксидами, карбонатами металлов, осаждением из р-ров солей при действии H_2 натрия или K , а также окислением соед., содержащих Cr в низших степенях окисления. Известно неск. относящихся к X . минералов, напр. крокоит PbCrO_4 . $\text{X}(\text{VI})$ большей частью изоморфны с соответствующими сульфатами. Анион CrO_4^{2-} имеет тетраэдрич. строение.

X . щелочных металлов и Mg хорошо раств. в воде, у X . щел.-зем. металлов р-римость сильно уменьшается от Ca к Ba . Р-ры X . имеют щелочную р-цию, X . тяжелых металлов в воде большей частью практически не раств., в особенности соли Pb , Bi , Ag , Hg . X . P3Э плохо раств., причеи соед. элементов итриевой группы водой разлагаются с образованием основных солей. X . щелочных и щел.-зем. металлов плавятся без разложения, X . остальных металлов большей частью разлагаются до плавления.

При подкислении р-ров X . образуются дихроматы (бихроматы), что сопровождается переходом их окраски в оранжевую. Дихромат-анион $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ построен из двух хромкислородных тетраэдров с общей вершиной по атому кислорода. Дихроматы щелочных, щел.-зем. и большинства тяжелых металлов легко раств. в воде. Трудно растворимы дихроматы Ag , P . Р-ры дихроматов имеют кислую р-цию. Дихроматы менее термически устойчивы по сравнению с $\text{X}(\text{VI})$. Дихроматы – реагенты в *дихроматометрии*.

Для щелочных (кроме Li) и нек-рых др. металлов известны темно-красные трихроматы $\text{M}_2\text{Cr}_3\text{O}_{10}$ и коричнево-красные тетрахроматы $\text{M}_2\text{Cr}_4\text{O}_{13}$. Для мн. металлов получены оксохроматы и гидроксохроматы (основные X .). Оксо- и гидроксохроматы тяжелых металлов в воде не раств. Описано

большое число двойных хроматов, напр. $KZn_2(CrO_4)_2 \cdot OH \cdot H_2O$ (используются как пигменты), хромато-сульфатов и т. д. Для нек-рых металлов известны хромато-дихроматы, напр. $Bi_2(CrO_4)_2 \cdot Cr_2O_7$. См. также *Калия дихромат*, *Натрия хромат*.

При действии H_2O_2 на водные р-ры X. в зависимости от условий можно получить пероксохроматы: синие – состава $M_2Cr_2O_{12}$ (получают из кислых р-ров) либо красные – состава M_3CrO_8 . Синие пероксохроматы очень неустойчивы; при ударе, нагревании или соприкосновении с конц. H_2SO_4 они взрываются. Красные пероксохроматы разлагаются при нагрев., при обычных т-рах довольно устойчивы.

X.(VI) калия K_2CrO_4 – лимонно-желтые кристаллы; при 668 °C ромбич. форма переходит в гексагон. красную, $\Delta H_{перехода}$ 10,0 кДж/моль; т. пл. 973 °C, $\Delta H_{пл}$ 33,0 кДж/моль; р-римость в воде 38,96% по массе при 20 °C; не раств. в этаноле, эфире; получают взаимод. $K_2Cr_2O_7$ и K_2CO_3 в водном р-ре; в природе минерал тарапакоит; протрава при крашении, дубитель в кожевенной пром-сти, отбеливатель для масел, воска, протрава для семян, окислитель в орг. синтезе, реагент в хроматометрии.

X.(VI) аммония $(NH_4)_2CrO_4$ – золотисто-желтые кристаллы, р-римость в воде 27,2% по массе при 25 °C, мало раств. в этаноле и в ацетоне; т. разл. 180 °C; при хранении на воздухе постепенно теряет NH_3 и превращается в дихромат; получают взаимод. р-ров NH_3 с CrO_3 или $(NH_4)_2Cr_2O_7$; протрава при крашении тканей, дубящее в-во, компонент светочувствит. слоя фотоматериалов. Дихромат аммония $(NH_4)_2Cr_2O_7$ – оранжево-красные кристаллы; разлагается выше 170 °C, при 240 °C – со вспышкой; р-римость в воде 29,18% по массе при 25 °C, раств. в этаноле, не раств. в ацетоне; получают взаимод. NH_4Cl с $Na_2Cr_2O_7$ в водном р-ре; окислитель в орг. синтезе, отбеливатель для жиров, воска, парафина, компонент светочувствит. слоя фотоматериалов, исходное в-во для синтеза оксидов Cr, катализаторов, полу-

чения фоторезисторов, фотосенсибилизаторов, компонент пиротехн. составов, консервант для древесины.

X.(VI) кальция $CaCrO_4$ – желтые кристаллы; при 50 °C становится красно-коричневым (при охлаждении окраска восстанавливается); т. пл. ~ 1150 °C (под давлением O_2), при атм. давлении т. пл. 1022 °C (с разл.); р-римость в воде 2,27% при 19 °C, 0,79% при 70 °C; из р-ров кристаллизуются ди-, моно- и гемигидраты, обладающие существенно большей р-римостью и полностью обезвоживающиеся при ~ 400 °C; раств. в этаноле; получают взаимод. р-ров $Na_2Cr_2O_7$ с $Ca(OH)_2$, либо Na_2CrO_4 с $CaCl_2$ с послед. прокаливанием осадка; в природе минерал хроматит; компонент шихты при алюмотермич. получении Cr, пигмент, ингибитор коррозии, компонент покрытий для легких сплавов, деполяризатор для батарей, окислитель при получении Cr.

X.(VI) бария $BaCrO_4$ – желтые кристаллы; т. пл. 1380 °C; практически не раств. в воде и орг. р-рителях, разлагается к-тами; получают взаимод. $BaCl_2$ с $K_2Cr_2O_7$; окислитель при синтезе красителей, компонент ВВ, пиротехн. составов, антикоррозионных покрытий на стали, составов головок спичек, пигмент (баритовый желтый) для керамики. X.(VI) цинка $ZnCrO_4$ – лимонно-желтые кристаллы; разлагается выше 440 °C; практически не раств. в воде; образует гидраты с 7, 2 и 1 молекулами воды; при кипячении с большим кол-вом воды гидролизуется с образованием гидроксохроматов; получают взаимод. $Zn(OH)_2$ с $K_2Cr_2O_7$; пигмент, компонент антикоррозионных покрытий.

X.(VI) свинца $PbCrO_4$ – желтые или оранжево-красные кристаллы; при 707 °C превращается в желтую ромбическую, а при 783 °C – в красную тетрагон. модификации; т. пл. 844 °C (с разл.); практически не раств. в воде и орг. р-рителях; раств. в HNO_3 , конц. р-рах щелочей; получают взаимод. р-ров нитрата или ацетата Pb с хроматами Na, K или NH_4^+ ; пигмент (желтый крон), окислитель в орг. синтезе, компонент материалов термохромных датчиков. Оксохромат свинца

Табл. 1. – СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ХРОМАТОВ(VI)

Соединение	Сингония	Параметры кристаллич. решетки				z	Пространств. группа	Плотн., г/см ³	$S^0_{р'}$ Дж/(моль·К)	$\Delta H^0_{обр'}$ кДж/моль	S^0_{298} Дж/(моль·К)
		a, нм	b, нм	c, нм	β , град						
K_2CrO_4	Ромбич.	0,593	1,042	0,763	—	4	<i>Rmcn</i>	2,73	146	-1408	200
$(NH_4)_2CrO_4$	Моноклинная	0,615	0,630	0,776	115,22	—	—	1,89	—	-1163	657
$(NH_4)_2Cr_2O_7$	Моноклинная	0,774	0,754	1,326	93,70	2	<i>C2/c</i>	2,15	293	-1810	—
$CaCrO_4$	Ромбич.	0,5433	0,8968	0,5990	—	4	<i>Cmcm</i>	4,04	—	—	—
Ag_2CrO_4	Ромбич.	1,0063	0,7029	0,5540	—	4	<i>Rnma</i>	5,62	142	-732	218
$CaCrO_4$	Тетрагон.	0,725	—	0,634	—	4	<i>I4/amd</i>	3,12	113	—	131
$SrCrO_4$	Моноклинная	0,6794	0,7131	0,6489	102,90	—	—	3,895	—	—	—
$BaCrO_4$	Ромбич.	0,9105	0,5541	0,7343	—	4	<i>Rnma</i>	4,50	—	-1429	172
$ZnCrO_4$	Ромбич.	0,5505	0,8383	0,6219	—	4	<i>Cmcm</i>	3,40	—	—	—
α - $PbCrO_4$	Моноклинная	0,710	0,740	0,680	77,50	4	<i>P2_1/c^2</i>	6,12	—	-925	167
β - $PbCrO_4$	Ромбич.	0,867	0,559	0,713	—	4	<i>Rnma</i>	—	—	—	—
Pb_3CrO_5	Моноклинная	1,4018	0,5683	0,7143	115,23	4	<i>C2/m</i>	6,27	—	—	—
$CoCrO_4$	Ромбич.	0,5516	0,8336	0,6262	—	4	<i>Cmcm</i>	4,08	—	—	—

Табл. 2. – СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ХРОМАТОВ(III)

Соединение	Сингония	Параметры кристаллич. решетки, нм			z	Пространств. группа	Т. пл., °C	Плотн., г/см ³	$S^0_{р'}$ Дж/(моль·К)	$\Delta H^0_{обр'}$ кДж/моль	S^0_{298} Дж/(моль·К)
		a	b	c							
$NaCrO_2$	Тригон.	0,297	—	1,594	3	$\bar{R}3m$	—	4,39	—	—	—
$CuCrO_2$	Тригон.	0,2975	—	1,7096	3	$\bar{R}3m$	—	5,49	—	-674	—
$CuCr_2O_4$	Тетрагон.	0,8532	—	0,7788	—	<i>I4_1/amd</i>	—	—	—	-1288	—
$MgCr_2O_4$	Кубич.	0,8329	—	—	8	<i>Fd3m</i>	2350	4,43	127	-1787	106
$CaCr_2O_4$	Ромбич.	0,903	1,058	0,296	—	—	2170	4,98	—	-1841	—
$ZnCr_2O_4$	Кубич.	0,8337	—	—	8	<i>Fd3m</i>	—	5,29	—	-1550	—
$CdCr_2O_4$	Кубич.	0,8584	—	—	8	<i>To же</i>	—	5,79	—	-1438	—
$MnCr_2O_4$	Кубич.	0,8437	—	—	8	»	—	4,97	—	—	—
$FeCr_2O_4$	Кубич.	0,8420	—	—	8	»	2153	5,1	—	-1452	146
$CoCr_2O_4$	Кубич.	0,8342	—	—	8	»	—	5,14	—	-1430	138
$NiCr_2O_4$	Кубич.	0,8316	—	—	8	»	—	5,24	—	-1382	119
$YCrO_3$	Ромбич.	0,5242	0,5520	0,7534	6	<i>Rbmm</i>	2430	5,76	97	-1555	97
$LaCrO_3$	Ромбич.	0,5514	0,5478	0,7752	6	<i>To же</i>	2510	6,75	109	—	112
$CeCrO_3$	Ромбич.	0,5475	0,5475	0,7740	6	»	2300	6,84	118	-1352	119
$SmCrO_3$	Ромбич.	0,5367	0,5508	0,7643	6	»	2400	7,28	106	—	—

Pb₂CrO₅ – оранжевые или красные кристаллы, пигмент (оранжевый крон), материал для термисторов.

Хроматы(V) (иногда их наз. хроманатами) – большей частью черного, голубовато-черного или темно-зеленого цвета, содержат тетраэдрич. анион CrO₄²⁻. Для щелочных металлов получены соед. типа M₂CrO₄ и MCrO₃, для щел.-зем. – типа M₃(CrO₄)₂, M₂Cr₂O₇ и M₃(CrO₄)₃OH, для PЗЭ – типа MCrO₄. Получают X.(V) термич. разложением X.(VI) в смеси с оксидом или нитратом соответствующего металла, гидро-термальным путем, взаимод. оксидов при высоких давлениях и т. д. Мало раств. в воде, при кипячении с водой гидролизуются с диспропорционированием на Cr(III) и Cr(VI).

Хроматы(IV) большей частью представляют собой сложные оксиды, хотя в структуре нек-рых из них имеется тетраэдрич. анион CrO₄²⁻, преим. зеленого цвета. Для щелочных металлов известны X. типа M₂CrO₃ и M₄CrO₄, для щел.-зем. – типа MCrO₃, M₂CrO₄, M₃CrO₅ и M₄CrO₆.

Хроматы(III) (устар. назв. хромиты) представляют собой сложные оксиды (табл. 2). X.(III) металлов в степени окисления +1 имеют состав MCrO₂ (метахромиты), получены также M₂CrO₃ (ортохромиты). Для металлов в степени окисления +2 характерны соед. MCr₂O₄ (многие из них имеют структуры типа шпинели). PЗЭ, кроме Sc, дают соед. MCrO₃ со структурами типа перовскита. Получают X.(III) спеканием Cr₂O₃ с оксидами, карбонатами и др. соед. металлов, а также восстановлением или термич. разложением X.(VI) и дихроматов(VI). Из р-ров, получающихся в результате р-рения гидроксида Cr(III) в щелочи, кристаллизуются гидроксохроматы(III) состава MCr(OH)₄, M₂Cr(OH)₆ и даже M₄Cr(OH)₈. Для щел.-зем. металлов получены гидроксохроматы типа M₃Cr₂(OH)₂ со структурой типа граната. X.(III) в осн. тугоплавки, химически стойки.

X.(III) магния MgCr₂O₄ – темно-зеленые, серо-зеленые или красные кристаллы; получают нагреванием MgCr₂O₇ или спеканием MgO с Cr₂O₃ с добавкой B₂O₃; в природе минерал магнезиохромит; компонент огнеупоров, катализатор орг. синтеза. X.(III) цинка ZnCr₂O₄ – светло-зеленые кристаллы; получают прокаливанием смеси нитратов Zn и Cr или термич. разложением ZnCr₂O₇; катализатор орг. синтеза, компонент керамики, датчиков влажности. X.(III) железа(II) FeCr₂O₄ – черные или темно-коричневые кристаллы; получают нагреванием смеси FeCl₃ + K₂Cr₂O₇ или Fe₂O₃ + Cr₂O₃ с добавкой H₃BO₃; в природе минерал хромит; компонент огнеупоров, катализатор орг. синтеза; природный – сырье для извлечения Cr. См. также Лантана хромат.

Известны X., содержащие Cr в двух степенях окисления, в частности +3 и +4 (напр., Sr₄Cr₂O₉), +4 и +6 [Ca₅(CrO₄)₃] или +5 и +6 [Ca₁₀(CrO₄)₇]. Иногда их наз. хромито-хроматами, а состав выражают ф-лой mMO · nCrO₃ · pCr₂O₃.

X. и дихроматы Na, K и аммония обладают местным и общим токсич. действием. Их аэрозоли вызывают прободение хрящевой части носовой перегородки, воспаление гортани и придатков носовой полости. Могут вызвать тяжелые ожоги кожи, экзему, язвы. Поражают органы дыхания и желудочно-кишечный тракт. Токсична пыль и нерастворимых X., нек-рые канцерогенны. ПДК X. (в пересчете на CrO₃) 0,01 мг/м³.

П. И. Федоров.

ХРОМОВЫЕ КРАСИТЕЛИ, см. Протравные красители.
ХРОМОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, содержат связь Cr – C. По типу орг. лиганда и характеру его связи с металлом X. с. можно разделить на соед. с σ-связью Cr – C, изонитрильные, карбеновые и карбиновые комплексы, а также π-комплексы. Из последних наиб. интересны соед. с 5-, 6- и 7-членными лигандами. Известны также немногочисленные би- и полиядерные комплексы с ареновыми и циклопентадиенильными лигандами. Хром в X. с. может находиться в степенях окисления 0, +1, +2, +3, +4.

Большинство X. с. синтезируют на основе гексакарбонила хрома [Cr(CO)₆] и карбонильных комплексов с лигандами π- и π-типа.

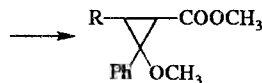
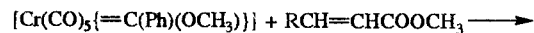
X. с. с σ-связью в большинстве своем являются гетеролигандными. Немногочисленные гомолигандные R₃Cr, R₄Cr не-

устойчивы. Известны анионные комплексы, напр. M₃[CrR₆], M[CrR₃], K₃[Cr(CO)₃(C₂R)₃] (M – щелочной металл, R – алкил, арил). Наиб. важны производные Cr(III) типа [CrR₃L₃] (где L, напр., ТГФ). σ-Арильные комплексы Cr(III) в отсутствие стабилизирующих лигандов претерпевают гомолиз связи Cr – C и σ,π-перегруппировку с образованием бисареновых π-комплексов Cr(0). Синтезируют [CrR₃(ТГФ)₃] взаимод. CrCl₃ с RMgX в р-ре ТГФ; при использовании RM (M – щелочные металлы) образуются анионные комплексы.

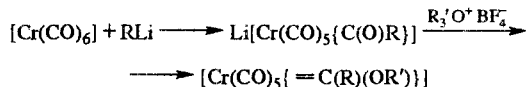
Изонитрильные комплексы Cr м.б. гомолигандными [Cr(CNR)₆] и гетеролигандными, напр. [Cr(CO)_n(CNR)_{6-n}], [Cr(CO)₂(CNR)(арен)]. Получают их замещением CO в карбонилах Cr, из соед. [Cr(bipy)₃] (bipy – бипиридил) и [Cr(η⁶-C₁₀H₈)₂] путем обмена лигандов, восстановлением соед. Cr высшей степени окисления в присут. избытка изонитриля.

Осн. типы карбеновых комплексов – [Cr(CO)₅{=C(R)(X)}], [Cr(CO)₂(C₆H₆)={C(R)(X)}], где X = OR', SR', NR'R''; комплексы типа [Cr(CO)₅(=CRR')], не содержащие гетероатома, встречаются редко.

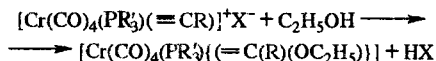
Для карбеновых комплексов характерны р-ции нуклеоф. замещения у карбенового атома C, а также р-ции присоединения карбена к активир. олефинам или ацетиленам, напр.:



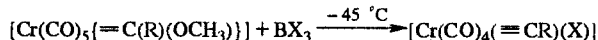
Получают карбеновые комплексы взаимод. карбониллов Cr с RLi, напр.:



Осн. типы карбиновых комплексов – нейтр. [Cr(CO)₄(=CR)X] и катионные [Cr(CO)₅(=CR)]X. При взаимод. с нуклеофилами они образуют карбеновые комплексы, напр.:



Карбиновые комплексы Cr синтезируют из карбеновых комплексов, напр.:



Олефиновые π-комплексы Cr, как правило, гетеролигандны. Хром легко образует комплексы с циклич. полиолефинами: норборнадиеном, циклопентадиеном, циклооктадиеном и циклооктатетраеном. Получают их замещением карбонильного лиганда либо соконденсацией паров Cr и олефина в высоком вакууме.

Ацетиленовые π-комплексы Cr немногочисленны. Осн. типы – [Cr(CO)(NO)(C₂H₂)(η-C₅H₅)], [Cr(CO)₂(C₂R₂)(C₆H₆)]. Их получают р-циями обмена лигандов, восстановлением солей Cr в присут. ацетилена.

Из η³-аллильных комплексов Cr наиб. распространены [Cr(η³-аллил)₃]. При термоллизе и УФ облучении они превращаются в [Cr₂(η³-аллил)₄], с CO дают [Cr(CO)(η³-аллил)₂] или [Cr(CO)₂], с HX и I₂ – [Cr(η³-аллил)₂XI₂]. Получают [Cr(η³-аллил)₃] из аллилмагниихлорида и CrCl₃.

Из циклопентадиенильных комплексов Cr наиб. изучены [Cr(CO)₃(η-C₅H₅)₂], [Cr(CO)₂(NO)(η-C₅H₅)], [Cr(η-C₅H₅)₂]. Известны также [Cr(NO)₂(η-C₅H₅)X], [Cr(NO)₂(η-C₅H₅)₂], [Cr(L)(η-C₅H₅)X₂] и [Cr(η-C₅H₅)X₃] (X – галоген, L – Ph₃P и др.). Димер [Cr(CO)₃(η-C₅H₅)₂] – диамагнитен, в мягких условиях претерпевает обратимый гомолиз связи Cr – Cr и образует парамагн. мономер [Cr(CO)₃(η-C₅H₅)], при нагр. в толу-

оле димер декарбонилируется до $[\text{Cr}_2(\text{CO})_4(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)_2]$, с H_2 дает $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)]$, с амальгамой $\text{Na} - \text{Na}[\text{Cr}(\text{CO})_3(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)]$ (последний с RX дает $[\text{Cr}(\text{R})(\text{CO})_3(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)]$).

Получают $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)_2]$ из $[\text{Cr}(\text{CO})_6]$ и дициклопентадиена или циклопентадиенида Na либо из CO и хромосена; $[\text{Cr}(\text{CO})_2(\text{NO})(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)]$ из $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)]$ и NOCl или фотолитоизм $[\text{Cr}(\text{CO})_n(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)]_2$ ($n = 2, 3$) в присут. NO .

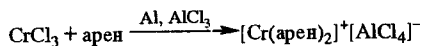
При взаимодействии галогенидов $\text{Cr}(\text{II})$ или $\text{Cr}(\text{III})$ с циклопентадиенидом Na либо $\text{Cr}(\text{CO})_6$ с циклопентадиеном образуются парамагн. хромосен $[\text{Cr}(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)_2]$ (расстояние $\text{Cr} - \text{C}$ 0,217 нм; оно больше, чем соответствующее расстояние $\text{Fe} - \text{C}$ в ферроцене); он обратимо окисляется до катиона $[\text{Cr}(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)_2]^+$ (потенциал полуволны окисления $-0,67$ В относительно насыщ. каломельного электрода) и обратимо восстанавливается до аниона $[\text{Cr}(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)_2]^-$ (при $-2,3$ В); с FeCl_2 дает ферроцен, с CO , HX , CCl_3 , S и др. — продукты замещения одного C_5H_5 -лиганда.

Хром образует π -комплексы с ароматич. соед. Наиб. изучены $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\text{арен})]$. Для них характерны π -ции обмена лигандов: при УФ облучении замещается одна группа CO на RNH_2 , RNC , RCN , олефин, ацетилен; при взаимодействии с аминами, фосфинами и др. замещается ареновый лиганд и образуются комплексы типа $[\text{Cr}(\text{CO})_3\text{L}_3]$ ($\text{L} = \text{NH}_3$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{N}$, PR_3 , $\text{P}(\text{OR})_3$); би- и тридентатные лиганды при $160\text{--}220^\circ\text{C}$ образуют продукты замещения и аренового и карбонильных лигандов, напр. $[\text{Cr}(\text{bipy})_3]$. π -ции электроф. замещения атома H (меркурирование, ацилирование, дейтерирование в кислой среде) в аренкарбонильных комплексах Cr затруднены по сравнению с аналогичными π -циями бензола; напротив, π -ции с бутиллитием и дейтерирование в основной среде протекают в более мягких условиях.

Галогенсодержащие ареновые комплексы $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\text{C}_6\text{H}_4\text{X})]$ ($\text{X} = \text{Cl}$, F) легко замещают галоген на RO^- , CN^- , карбанионы. Эти π -ции широко применяют в орг. синтезе. Получают аренкарбонильные комплексы обменом лигандов при нагревании аренов с $[\text{Cr}(\text{CO})_6]$, $[\text{Cr}(\text{CO})_3\text{L}_3]$ либо $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\eta^6\text{-C}_{10}\text{H}_8)]$.

Бисареновые комплексы $[\text{Cr}(\text{арен})_2]$ — термически устойчивые в-ва (до $200\text{--}300^\circ\text{C}$ в отсутствие O_2); дибензолхром имеет сэндвичевую структуру с заслоненной конформацией. Хим. (окислители — $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$, I_2 , алкилгалогениды, K^+ -глы Льюиса) и электрохим. окисление бисареновых комплексов приводит к катионам $[\text{Cr}(\text{арен})_2]^+$ (потенциал полуволны для дибензолхрома $-0,80$ В), при электрохим. окислении при низких t -рах образуются нестабильные двухзарядные катионы $[\text{Cr}(\text{арен})_2]^{2+}$; при восстановлении нейтральных комплексов $[\text{Cr}(\text{арен})_2]$ с электроноакцепторными заместителями (COR , $\text{CH}=\text{CHCOR}$, CN , Ph) образуются анион-радикалы $[\text{Cr}(\text{арен})_2]^-$. Дибензолхром выступает в реакции металлизации и изотопного обмена водорода в основных средах. В катионных комплексах $\text{Cr}(\text{I})$ кислотность связей $\text{C} - \text{H}$ на $16\text{--}17$ порядков выше, чем в бензоле. В хлорзамещенных, катионных комплексах $[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl})_2]^+$ атом хлора легко замещается на RO^- , RNH и др. Обмен ареновых лигандов в $[\text{Cr}(\text{арен})_2]$ на другой арен протекает в жестких условиях, в присут. AlHal_3 процесс ускоряется; π -ции замещения арена на CO , PF_3 требуют высоких t -р и давлений (200°C , > 30 МПа). Бис(нафталин)хром легко обменивает один или оба лиганда на RNC , CO , PR_3 , бипиридил.

Дибензолхром получают взаимодействием CrCl_3 с PhMgBr , образующийся $[\text{CrPh}_3]$ в результате σ, π -перегруппировки дает смесь $[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)_2]$, $[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)\text{Ph}_2]$ и $[\text{CrPh}_2]$. Для синтеза алкил- и арилзамещ. дибензолхрома используют метод Фишера-Ханфнера:



Наиб. универсальный метод синтеза — соконденсация паров Cr и арена при -196°C в высоком вакууме. Комплексы типа $[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_4\text{X})_2]$ ($\text{X} = \text{COR}$, COOR , SiR_3 , PR_2 , I) получают металлизацией дибензолхрома комплексом бутиллития с тетра-

метилэтилендиамином с последующим взаимодействием с соответствующими реагентами.

Получены сэндвичевые комплексы Cr , содержащие два разных циклич. π -лиганда. Соед. $[\text{Cr}(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)(\eta\text{-C}_6\text{H}_6)]$ чрезвычайно реакционноспособно; при ацилировании в условиях р-ции Фриделя-Крафуса происходит расширение 6-членного кольца до 7-членного и образуется $[\text{Cr}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)(\eta^7\text{-C}_7\text{H}_6\text{R})]^+$.

Известны комплексы Cr с карборанами в качестве лигандов, напр. $[\text{Cr}(1,2\text{-C}_2\text{B}_9\text{H}_{11}\text{R}_2)_2]$ и $[\text{Cr}(1,7\text{-C}_2\text{B}_9\text{H}_{11})_2]$.

X. с. — катализаторы π -ций полимеризации и олигомеризации олефинов (напр., иод-аллильные комплексы), $[\text{Cr}(\text{арен})_2]$ применяют для получения металлич. и оксидных пленок и покрытий.

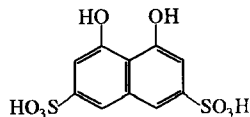
Лит.: Магомедов Г. К.-И., в кн.: Методы элементоорганической химии. Подгруппы меди, скандия, титана, ванадия, хрома, марганца. Лантаноиды и актиноиды, под ред. А. Н. Несмеянова, К. А. Кочешкова, кн. 2, М., 1974, с. 477–576; Comprehensive organometallic chemistry, v. 3, Oxf. [a. o.], 1982, p. 783–951, 953–1077. Л. П. Юрцева.

ХРОМОСОМЫ, структурные элементы клеточного ядра, являющиеся носителями генов и определяющие наследственные св-ва клеток и организмов. Способны к самовоспроизведению, обладают структурной и функциональной индивидуальностью и сохраняют ее в ряду поколений. Основу X. составляет нуклеопроteid *хроматин*. Запись наследственной информации в X. обеспечивается строением ДНК, ее генетическим кодом. Белки, содержащиеся в X. , участвуют в сложной упаковке ДНК и регуляции ее способности к синтезу РНК — *транскрипции*.

В процессе функционирования X. претерпевают структурно-морфологич. преобразования, в основе к-рых лежит процесс спирализации — деспирализации структурных единиц X. (хромосом). На одной из стадий деления клеток — в метафазе — спирализованные (плотнупакованные, конденсированные) X. хорошо различимы в оптич. микроскопе. В клетках тела двуполовых животных и растений каждая X. представлена двумя гомологичными X. , происходящими одна от материнского, а другая от отцовского организма. Каждый вид обладает характерным и постоянным набором X. в клетке; число X. в хромосомном наборе варьирует от двух до неск. сотен для разных видов.

Термин « X. » предложен В. Вальдейером в 1888. См. также *Репликация*.

ХРОМОТРОПОВАЯ КИСЛОТА (4,5-дигидроксис-2,7-нафталиндисульфокислота), мол. м. 320,3, бесцв. кристаллы; хорошо раств. в воде (кристаллизуется с 2 молекулами H_2O). Динатриевая соль X.к. (хромотроп) — реагент в аналит. химии, кристаллизуется в виде белых игл с 2 молекулами H_2O . Соль хорошо раств. в воде, плохо — в этаноле (0,62 г в 100 г при 15°C) и диэтиловом эфире; водный р-р соли обычно имеет буроватую окраску. X.к. можно получить гидролизом 4-амино-5-гидроксис-2,7-нафталиндисульфокислоты (при действии 3%-ной H_2SO_4).



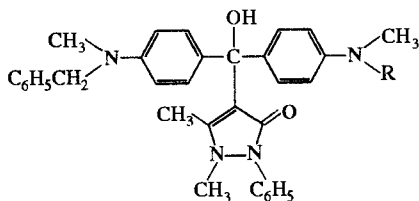
Водный р-р хромотропа с FeCl_3 дает темно-зеленое окрашивание, с $\text{Ti}(\text{IV})$ — красно-бурое. Разб. р-р при облучении УФ светом дает голубую флуоресценцию, яркость к-рой возрастает при увеличении рН, что используется при кислотно-основном титровании. Применяют X.к. для обнаружения $\text{Ti}(\text{IV})$, $\text{Cr}(\text{VI})$, $\text{Fe}(\text{III})$, $\text{Mo}(\text{VI})$, $\text{Hg}(\text{II})$ и др. элементов, ClO_4^- и др. окислителей, а также для определения $\text{Ti}(\text{IV})$ и $\text{Cr}(\text{VI})$. Так, $\text{Ti}(\text{IV})$ определяют обычно при рН от 3 до 5 в буферном р-ре (при рН 3,5 λ комплекса 460 нм, ϵ $1,7 \cdot 10^4$); мешают ионы $\text{Fe}(\text{III})$, к-рые предвзвешенно восстанавливаются до $\text{Fe}(\text{II})$ аскорбиновой к-той, сульфитами и др. С помощью X.к. определяют Ti и Cr в чугунах, сталях и др.

Лит.: Савин С. Б., Дедков Ю. М., «Ж. аналит. химии», 1964, т. 19, № 1, с. 21–27; Марченко З., Фотометрическое определение элементов, пер. с польск., М., 1971, с. 396–97.

ХРОМОФОРЫ, см. *Цветность органических соединений*.

ХРОМПИРАЗОЛЫ. Известны X. I (в ф-ле $\text{R} = \text{CH}_3$) и X. II ($\text{R} = \text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$). X. I — синие кристаллы; плавятся с разл.:

раств. в ацетоне, этаноле, ДМФА, плохо – в воде. Реагент для фотометрич. определения в кислой среде Zn (λ комплекса 640 нм, ϵ $6,3 \cdot 10^4$), W (λ 635 нм, ϵ $8,5 \cdot 10^4$), а также P и Si; экстракционно-фотометрич. определения Hg(II) в бензоле (λ 585 нм, ϵ $4,7 \cdot 10^4$) и Au(III); для титриметрич. определения Cd, Si, P, Bi и W; для концентрирования мн. элементов.



X. II – темно-синие кристаллы; плавятся с разл.; раств. в ацетоне, этаноле, хлороформе, ДМФА, водных р-рах к-т, не раств. в воде. Реагент для титриметрич. и фотометрич. определения Cd в 1 М р-ре H_2SO_4 в присут. Zn и Cu (λ 635 нм, ϵ $1 \cdot 10^5$); для экстракционно-фотометрич. определения Ga(III), Hg(II), Sb(V), Re(VII) (λ 580–585 нм, ϵ 10^4 – $1,67$, $6,1$, $4,6$ и $7,5$ соотв.).

ХРОНОАМПЕРОМЕТРИЯ, электрохим. метод исследования и анализа, основанный на изучении зависимости от времени величины тока, протекающего через электролитич. ячейку при определенном значении электродного потенциала поляризуемого электрода. Этот потенциал можно поддерживать, напр., с помощью потенциостата. Напряжение, накладываемое на электролитич. ячейку, измеряют с учетом омич. падения напряжения в ней и приборе, регистрирующем ток. Обычно используют трехэлектродную ячейку, включающую, кроме поляризуемого рабочего (индикаторного) и вспомогательного электродов (через к-рые протекает электрич. ток), электрод сравнения, необходимый для контроля потенциала рабочего электрода. Двухэлектродная ячейка применяется в тех редких случаях, когда не нужно поддерживать строго постоянный потенциал рабочего электрода. Электрохим. процесс (электролиз) проводят в течение сравнительно короткого времени (от неск. секунд до неск. минут) на рабочем стационарном электроде (напр., платиновом, графитовом, ртутном) в неперемешиваемом р-ре, содержащем настолько большой избыток фоновой электролита, что ионная сила р-ра практически не зависит от концентрации исследуемого электрохимически активного (электроактивного) в-ва. Электрод сравнения (насыщ. каломельный или хлорсеребряный) остается во время измерения неполяризуемым, т. е. его потенциал сохраняет постоянное значение независимо от малых значений тока, проходящего через ячейку. Вспомогат. электрод изготавливают обычно из платины или графитовых материалов. Величина тока в X. определяется скоростью гл. обр. диффузионного переноса в-в, участвующих в электродном процессе, и(или) кинетикой электрохим. р-ции. Если электрохим. р-ция протекает настолько быстро, что на электродах достигается электрохим. равновесие, то процессы обратимы, и скоростью лимитирующей стадией является диффузия. Тогда для вычисления электродного потенциала применимо *Нернста уравнение*. Если электроактивное в-во (со стандартным электродным потенциалом E^0) восстанавливается, то при менее отрицат. потенциале, чем E^0 , электрохим. р-ция не происходит и ток практически равен 0. Сдвиг потенциала к более отрицат. значениям приводит к увеличению равновесной концентрации восстановленной формы, ток возрастает и достигает предельной величины, определяемой диффузией электроактивного в-ва. Зависимость плотности предельного тока i от объемной концентрации C окисленной формы электроактивного в-ва описывается ур-нием Коттреля: $i = nFD^{1/2}C/\pi^{1/2}t^{1/2}$, где n – число электронов, участвующих в электродном процессе; F – число Фарадея; D – коэф. диффузии окисленной формы электроактивного в-ва; t – время. Скорость диффузии зависит гл. обр. от геометрии пов-сти раздела электрод – раствор. Если рабочий электрод имеет форму пластинки или цилиндра, то в

процессе электролиза при достаточно отрицательном потенциале плотность тока в течение времени падает до 0 (причем в случае цилиндрич. электрода ток падает значительно медленнее, чем в случае плоского). При использовании электрода сферич. формы значение тока уменьшается до нек-рой постоянной, отличной от 0 величины. При использовании плоских перемещающихся в р-ре электродов величина предельного тока возрастает в $7/3$ раза; при этом с помощью ур-ния Коттреля можно вычислить значения мгновенного диффузионного тока (см. *Вольтамперометрия*).

Если электродные процессы необратимы и лимитирующей стадией является электрохим. р-ция, зависимость плотности тока от концентрации электроактивного в-ва описывается ур-нием: $i = nFD^{1/2}C\lambda \cdot f(\lambda) \cdot t^{-1/2}$, где $\lambda = kt^{1/2}/D^{1/2}$, k – константа скорости прямой электрохим. р-ции, а f -ция f зависит от λ и изменяется от 1 до 0. Тогда, при $t = 0$ ток имеет конечную величину. В случае сферич. электрода с большим радиусом при $t \rightarrow 0$ зависимость тока от времени такая же, как в случае плоского электрода.

Если электродным процессам предшествует хим. р-ция первого порядка, в результате к-рой образуется электроактивное в-во, зависимость i от t и C такая же, как для необратимых электродных процессов, но дополнительно учитывают параметр $r \sim \sqrt{Kk_1t}$, где K – константа равновесия хим. р-ции; k_1 – константа скорости прямой хим. р-ции.

В случае каталитич. электродных процессов (см. *Полярография*) отношение каталитич. тока к предельному диффузионному току пропорционально параметру $\gamma^{1/2}$, зависящему от k_1 , C и t . Если между двумя электрохим. процессами протекает хим. р-ция, то при малой скорости последней ($k_1 \rightarrow 0$) зависимость i от t и C описывается ур-нием Коттреля; если $k_1 \rightarrow \infty$, то в ур-нии Коттреля n представляет собой число электронов, участвующих в обеих электрохим. р-циях.

X. используется гл. обр. для изучения кинетики электродных р-ций, для определения кол-ва электричества при электролизе. В аналит. практике X. применяют редко, т. к. по своим метрологич. характеристикам метод уступает вольтамперометрии.

Лит.: Галюз З., Теоретические основы электрохимического анализа, пер. с польск., М., 1974; Бонд А. М., Полярографические методы в аналитической химии, пер. с англ., М., 1983.

А. И. Каменев.

ХРОНОПОТЕНЦИОМЕТРИЯ, электрохим. метод исследования и анализа, основанный на изучении изменения электродного потенциала E во времени при контролируемом значении тока электролиза. Различают прямую и инверсионную X. Чаще применяют первый вариант. В этом случае электролиз осуществляют в неперемешиваемом р-ре определяемого электрохимически активного (электроактивного) в-ва при большом избытке фоновой электролита; при этом значение тока, как правило, превышает предельный диффузионный ток I_d (см. *Вольтамперометрия*). Используют двух- и трехэлектродные ячейки (см. *Хроноамперометрия*). Регистрируют хронопотенциометрич. кривую – зависимость электродного потенциала рабочего электрода (на к-ром происходит электролиз) от времени t .

У пов-сти рабочего электрода постепенно уменьшается концентрация исследуемого в-ва и соответственно изменяется электродный потенциал в сторону более отрицат. значений. В конце электролиза наблюдается резкий скачок потенциала. Интервал времени, в течение к-рого концентрация электроактивного в-ва уменьшается практически до 0, наз. переходным временем τ , причем $i\tau^{1/2} \sim CnFD_0^{1/2}$, где C – объемная концентрация электроактивного в-ва; n – число электронов, участвующих в электрохим. процессе; F – число Фарадея; D_0 – коэф. диффузии окисленной формы в-ва; i – плотность электрич. тока. При постоянных значениях C и площади пов-сти электрода произведение $i\tau^{1/2} = \text{const}$. Изменяя i , можно менять величину τ . Необходимые условия проведения анализа – отсутствие конвекции и малое значение тока, расходуемого на зарядку двойного электрич. слоя. Обычно продолжительность электролиза t не превышает ~ 30 с, так как при больших t на величину τ оказывают сильное влияние емкость

двойного электр. слоя, конвекция, адсорбция и др. факторы. Величина τ зависит также от формы электрода: для цилиндрич. электрода она меньше, чем для сферического с такими же радиусом и площадью пов-сти. Если ток электролиза является ф-цией $i^{1/2}$, то $\tau \sim C$. Это соотношение лежит в основе количеств. хим. анализа. Значение τ определяют по хронопотенциометрич. кривой, вид к-рой зависит от характера электрохим. процесса.

Для обратимого электрохим. процесса, скорость к-рого ограничивается диффузией электроактивного в-ва (диффузионный процесс с переходным временем $\tau_{\text{диф}}$), электродный потенциал $E_{\text{в}}$ при $t = \tau/4$ равен потенциалу полуволны $E_{1/2}$. Причем выражение для хронопотенциометрич. кривой в координатах $E-t$ совпадает с ур-нием для вольтамперометрич. волны, если вместо $E_{1/2}$, I_d и I подставить соотв. $E_{\text{в}}$, $\tau^{1/2}$ и $i^{1/2}$.

Для необратимого электрохим. процесса форма хронопотенциометрич. кривой определяется произведением αn_a , где α — коэф. переноса электрона; n_a — число электронов, участвующих в медленной стадии электрохим. р-ции. Величина τ не зависит от кинетики электродной р-ции. При $t = 0$ значение E определяется константой скорости k_f прямой гетерог. электрохим. р-ции, величинами αn_a и i . Чем меньше k_f , тем большее перенапряжение необходимо для протекания этого процесса. Величина смещения хронопотенциометрич. кривой в отрицат. область потенциалов возрастает с увеличением i . Это справедливо для процессов, протекающих на электродах сферич. и цилиндрич. формы. Условие необратимости электродного процесса в Х.: $k_f \tau^{1/2} < 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1/2}$. Использование приема реверса (изменения знака) тока позволяет изучать процессы восстановления (катодные с τ_k) и окисления (анодные с τ_a), при этом $\tau_k = 3\tau_a$.

Если скорость электрохим. р-ции лимитируется скоростью образования в р-ре электроактивного в-ва из определяемого компонента, то процесс наз. кинетическим (переходное время $\tau_{\text{кин}}$); причем $i\tau_{\text{кин}}^{1/2} < i\tau_{\text{диф}}^{1/2}$. При $i \rightarrow 0$ значение $i\tau_{\text{кин}}^{1/2}$ для кинетич. и диффузионных процессов сближаются. Увеличение i приводит к линейному уменьшению $i\tau_{\text{кин}}$, тем более резко, чем меньше константа равновесия K и константа скорости k_f прямой хим. р-ции образования электроактивного в-ва. В случае каталитич. электродного процесса (см. *Полярграфия*) с переходным временем $\tau_{\text{кат}}$ величина $(\tau_{\text{кат}}/\tau_{\text{диф}})^{1/2}$ зависит от параметра γ ; причем $\gamma \sim (k_1 C_{\text{кат}})^{1/2}$, где $C_{\text{кат}}$ — концентрация катализатора. При $\gamma > 2$ наблюдается линейная зависимость отношения $(\tau_{\text{кат}}/\tau_{\text{диф}})$ от γ .

В инверсионной Х. предвременно проводят электролиз (электролитич. концентрирование) определяемого в-ва в течение времени t_k при заданном токе или потенциале. Выделенное на электроде в-во растворяют электрохимически при $i = \text{const}$ или химически (чаще окислением, напр. с помощью Hg^{2+} или O_2). Величина t_k обычно пропорциональна концентрации электроактивного в-ва и времени t_k .

Х. применяют для определения ионов металлов в объектах окружающей среды (сточных и прир. водах, почвах, растениях, осадочных горных породах), а также в биосредах (кровь, моча). Пределы обнаружения достигают неск. мкг/л; относит. стандартное отклонение — неск. % (для малых концентраций менее 0,25%).

Лит.: Галус З., Теоретические основы электрохимического анализа, пер. с польск., М., 1974; Агасян П. К. [и др.], «Ж. аналит. химии», 1976, т. 31, в. 1, с. 121–42; Захаров М. С., Баханов В. И., Пнев В. В., Хронопотенциометрия, М., 1978. А. И. Каменев.

ХРУПКОСТИ ТЕМПЕРАТУРА полимеров, т-ра, ниже к-рой полимер становится хрупким, т.е. разрушается при очень малых деформациях. Х. т. зависит от режима испытаний и возрастает при увеличении длительности мех. воздействия. Х. т. можно определять графически по температурным зависимостям величин разрушающей деформации, разрушающего напряжения и длительности нагружения до разрушения. На практике в качестве Х. т. обычно используют значение, найденное по первой зависимости.

Для эластомеров характерны наиб. низкие значения Х. т., к-рые в этом случае служат характеристикой их морозостой-

кости. Х. т. пластмасс лежит ниже т-ры стеклования, причем интервал между этими величинами варьирует от 10 °С (для полистирола) до 100 °С (для поливинилхлорида). Значения Х. т., как правило, соответствуют ниж. границе температурной области эксплуатации изделий из полимерных материалов, хотя на практике иногда целесообразно использовать хрупкие материалы, обладающие иными ценными св-вами.

А. Я. Малкин.

ХУНДА ПРАВИЛА, приближенные правила, определяющие относит. расположение энергетич. уровней атома. Получены Ф. Хундом в 1927 в результате анализа атомных спектров.

Формулировка Х. п. предполагает, что состояние многоэлектронного атома можно описать, указав т. наз. электронную конфигурацию — набор тех состояний, в к-рых находятся отдельные электроны. В общем случае данной электронной конфигурации отвечает неск. разных энергетич. состояний атома. Каждое из них в силу сферич. симметрии атома можно классифицировать по суммарному орбитальному моменту (квантовое число $L = 0, 1, 2, \dots$ отвечает соотв. состояниям S, P, D -типов), суммарному спину (квантовое число S) и полному моменту импульса атома как целого (квантовое число J , к-рое при заданных L и S меняется от $L + S$ до $|L - S|$ с шагом 1). Напр., атом С в низших состояниях можно описать электронной конфигурацией $1s^2 2s^2 2p^2$; общее число состояний, отвечающих такой конфигурации, с учетом вырожденности нек-рых уровней равно 15. При стандартном обозначении символом $^{2S+1}L_J$ состояния атома С — $1S_0, ^3P_0, ^3P_1, ^3P_2, ^1D_2$.

Наиб. распространены след. Х. п.:

1. Из состояний атома с заданной электронной конфигурацией ниже по энергии те, к-рые отвечают большему значению S .

2. Из состояний атома с заданной конфигурацией и заданным спином S ниже по энергии те, к-рые отвечают большему значению L .

С Х. п. тесно связан важный для теории мол. орбиталей принцип заполнения: из неск. конфигураций молекулы ниже по энергии те, для к-рых сумма значений орбитальных энергий атомов меньше.

Х. п. ограничены в осн. низколежащими состояниями атомов при условии, что влияние электронной корреляции (взаимной обусловленности движений электронов) достаточно мало и не нарушает границ применимости одноконфигурационного приближения (см. *Конфигурационного взаимодействия метод*). Основанием для выполнения первого правила является тесная связь между симметрией пространств. части волновой ф-ции атома и симметрией ее спиновой части, существующая согласно *Паули принципу*. По этой же причине первое Х. п. обычно выполняется и для молекул.

Второе Х. п. имеет более ограниченную применимость и определяется в осн. тем, насколько значимо межэлектронное отталкивание в анализируемых состояниях. Это правило выполняется иногда и для линейных молекул (при замене L на модуль проекции момента кол-ва движения на ось молекулы).

Для нек-рых типов состояний удается найти дополнит. правила, отвечающие изменению энергии атома при данной конфигурации и данных L и S в зависимости от J . Эти правила связаны со *спин-орбитальным взаимодействием* и др. тонкими эффектами. Напр., если в конфигурации есть лишь одна частично заполненная оболочка, то при заполнении оболочек менее чем на половину («нормальный мультиплет») энергия растет с повышением J . В остальных случаях с ростом J энергия убывает («обращенный мультиплет»). Так, для атома С описанные правила подтверждаются эксперим. значениями энергий возбуждения из основного состояния 3P_0 : энергия перехода в состояние 3P_1 равна 0,2 кДж/моль, в состояния $^3P_2 = 0,5$, $^1D_2 = 121,9$, $^1S_0 = 259,0$ кДж/моль.

Х. п. часто нарушаются, т. к. одноконфигурационные модели атомов и молекул довольно редко бывают надежны. С появлением прецизионных эксперим. данных о спектрах атомов они теряют свое значение.

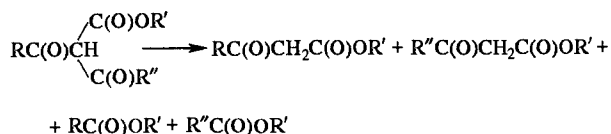
Лит.: Собельман И. И., Введение в теорию атомных спектров, М., 1977; Абаренков И. В., Братцев В. Ф., Тулуб А. В., Начала квантовой химии, М., 1989. В. И. Путьшев.

ХУНДА СЛУЧАИ СВЯЗИ, различные случаи связи отд. составляющих полного момента импульса двухатомной молекулы или линейной многоатомной молекулы. Учитываются при расчете энергии молекулы как предельные случаи взаимодействия между электронным и вращат. движениями. Энергия линейной молекулы зависит от след. составляющих полного момента J : орбитального момента L и спина S электронов, вращат. момента R и спина I ядер. Электростатич. и магн. поля, создаваемые ядрами, влияют на движение электронов и определенным образом ориентируют их орбитальный момент и спин либо, если велико *спин-орбитальное взаимодействие*, их сумму $L + S$. Различные Х. с. с. выделяют в зависимости от того, сильными или слабыми являются указанные поля, велико или мало взаимодей. отд. моментов и их проекций на ось молекулы или ось ее вращения и, следовательно, какие из моментов и их проекций м. б. представлены в выражении для энергии молекулы определенными квантовыми числами. Рассмотрение Х. с. с. позволяет установить, какие общие св-ва симметрии характеризуют вращат. волновые ф-ции каждой молекулы. Для наглядного представления Х. с. с. обычно используют векторную модель сложения моментов.

Х. с. с. важны при анализе спектров линейных молекул с разрешенной тонкой структурой. Для каждого электронного состояния, относящегося к данному Х. с. с., имеется вполне определенная зависимость вращат. уровней энергии от соответствующих квантовых чисел, что приводит к определенному виду спектра. Поэтому наблюдаемые спектры соотносят с ожидаемыми при заданных Х. с. с. для обоих состояний, между к-рыми происходит переход, а все отклонения интерпретируют либо как указание на необходимость выбора других Х. с. с., либо, если отклонения малы, как обусловленные дополнит. малыми возмущениями. Эксперим. данные свидетельствуют о том, что большинство состояний линейных молекул относится к промежут. случаям связи составляющих полного момента импульса молекулы, однако на практике этим часто пренебрегают и относят каждое состояние к определенному «чистому» Х. с. с.

Н. Ф. Степанов.

ХУНСДИККЕРА РЕАКЦИИ, 1) получение эфиров 3-оксокарбонных к-т расщеплением эфиров 2-ацетил-3-оксокарбонных к-т под действием оснований (т. наз. расщепление по Хунсдиккеру):



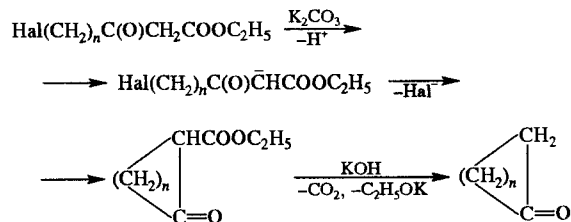
В р-ции преимущественно образуется эфир той оксокарбонной к-ты, у к-рой больше орг. радикал, связанный с кетогруппой. В качестве оснований используют алкоголяты или щелочи. Р-цию обычно проводят при комнатной т-ре в среде этанола или метанола; основание берут с небольшим избытком (ок. 5%). Выходы 40–75%.

Осн. побочные процессы – конденсация карбонильных соед. и декарбоксилирование. Считается, что первоначально в Х. р. имеет место енолизация одной из оксогрупп эфира, а затем происходит расщепление молекулы. Ацилирование 2-ацетоуксусного эфира в сочетании с расщеплением по Хунсдиккеру широко используют в препаративной практике для получения эфиров высших 3-оксокарбонных к-т.

Р-ция открыта Х. Хунсдиккером в 1942.

Лит.: Органикум, пер. с нем., т. 2, М., 1979, с. 168; Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, Bd E 5/1, B., 1985, S. 367.

2) Получение макроциклич. кетонов внутримол. циклизацией ω -галогеналкилацетоуксусных эфиров под действием K_2CO_3 с послед. гидролизом и декарбоксилированием промежут. продуктов:

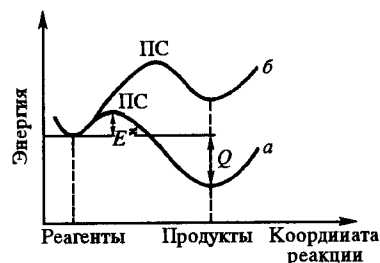


Циклизацию осуществляют длительным (3–4 сут) кипячением ω -галогенкарбонильного соед. с избытком K_2CO_3 при большом разбавлении (р-тель обычно метилэтилкетон, метанол). Образующиеся циклич. эфиры 2-оксокарбонных к-т выделяют и нагревают с водным КОН.

Р-ция открыта Х. Хунсдиккером в 1942.

Лит.: Henecke H., Die Chemie der Beta-Dicarbonylverbindungen, B., 1950, S. 172. Г. И. Дрозд.

ХЭММОНДА ПОСТУЛАТ: структура переходного состояния (ПС) в высокоэкзотермич. р-циях близка к структуре исходных реагентов (рис., кривая а), в сильно эндотермич. р-циях – к структуре продуктов (рис., кривая б). Используется для качеств. анализа положения ПС на координате реакции как одностадийных р-ций, так и на каждой стадии многостадийных процессов. Х. п. часто применяют в более широком смысле – «расширенный постулат Хэммонда»: с увеличением (уменьшением) экзотермичности р-ции ПС сдвигается в сторону реагентов (продуктов).



Положение переходного состояния для экзотермических (а) и эндотермических (б) р-ций.

Для качеств. оценки положения ПС используют также т. наз. правило Торнтона, согласно к-рому при наличии факторов, способствующих стабилизации нек-рой структуры, вклад ее в ПС становится больше. Так, в р-циях нуклеоф. замещения на атоме углерода в ПС может развиваться значительный положит. или отрицат. заряд. Изменение условий р-ции, при к-рых стабилизируется, напр., положит. заряд, приводит к большему вкладу карбокатиона в структуру ПС.

Количеств. формулировкой Х. п. служит ур-ние Маркуса, по к-рому энергия активации E^* является квадратичной ф-цией теплового эффекта р-ции Q (см. *Реакционная способность*). При этом положение ПС, определяемое как dE^*/dQ , линейно зависит от экзотермичности р-ции: с ее увеличением ПС сдвигается в сторону исходных реагентов.

Сочетание Х. п. и правила Торнтона позволяет оценивать структуру и электронные характеристики ПС и прогнозировать влияние условий р-ции и заместителей на скорость и направление процесса.

Предложен Дж. С. Хэммондом в 1955.

Лит.: Керн Ф., Сандберг Р., Углубленный курс органической химии, пер. с англ., кн. 1, М., 1981, с. 150–56; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., М., 1987; Lowry T.H., Richardson K.S., Mechanism and theory in organic chemistry, 3 ed., N. Y., 1987. И. В. Трушков.

ХЮККЕЛЯ МЕТОД, квантовохим. метод приближенного расчета энергетич. уровней и мол. орбиталей ненасыщенных орг. соединений. Основан на предположении, согласно к-рому движение электрона вблизи атомного ядра в молекуле не зависит от состояний или числа др. электронов. Это позволяет

максимально упростить задачу определения мол. орбиталей (МО) в представлении линейной комбинацией атомных орбиталей (см. *ЛКАО-приближение*).

Метод предложен Э. Хюккелем в 1931 для расчета электронного строения углеводородов с сопряженными связями. Считается, что атомы углерода сопряженной системы лежат в одной плоскости, относительно k -рой высшие занятые и низшие виртуальные (свободные) МО (граничные мол. орбитали) антисимметричны, т. е. являются π -орбиталями, образованными атомными $2p_z$ -орбиталями (АО) соответствующих атомов С. Влиянием остальных атомов, напр. Н, или мол. фрагментов с насыщенными связями пренебрегают. Предполагается, что каждый из M атомов углерода сопряженной системы вносит в π -систему один электрон и описывается одной атомной $2p_z$ -орбиталью χ_k ($k = 1, 2, \dots, M$). Каждая МО ϕ задается линейной комбинацией этих АО с коэф. C_1, C_2, \dots, C_M : $\phi = C_1\chi_1 + \dots + C_M\chi_M$. Значения коэф. определяются одноэлектронным уравнением Шрёдингера, к-рое можно представить в форме $HC = EC$, где E — одноэлектронная энергия; C — вектор-столбец, составленный из коэф. C_k ; H — матрица одноэлектронного гамильтониана (см. *Квантовая химия*). Матрица H характеризуется двумя параметрами — числами α и β : диагональные элементы матрицы для всех АО равны α , недиагональные элементы для пары АО химических связанных атомов равны β , для всех остальных пар АО они равны нулю. Т. обр., матрица гамильтониана однозначно указывает, какие из атомов химически связаны в соответствии со структурной ф-лой в-ва. Важно, что вектор C (и, значит, МО ϕ) не зависит от выбора численных значений α и β для углеводорода. Поэтому в той мере, в какой сама структура матрицы H передает реальное строение молекулы и ее симметрию, Х. м. позволяет дать качеств. оценки относит. расположения уровней энергии, кратности их вырождения, описать вклад электронов отдельной орбитали в *электронную плотность* молекулы и т. д. Напр., для циклич. полиенов Х. м. предсказывает, что одноэлектронные уровни энергии π -системы расположены в след. порядке: низший из уровней невырожден, а несколько следующих двукратно вырождены в силу аксиальной симметрии π -системы. Наинизшее по энергии состояние молекулы соответствует полностью заполненным электронным оболочкам, если число электронов равно $4l + 2$, где l — любое целое число, что согласуется с правилом Хюккеля, согласно к-рому такая полиеновая система ароматична (см. *Ароматичность*). Более детальный анализ симметрии и строения МО может объяснить, напр., природу диамагнетизма ароматич. хим. соединений, четко проявляющуюся в спектрах ЯМР.

Простая модель электронного строения молекулы, даваемая Х. м., позволяет понять многие хим. явления. Напр., неполярность *альтернантных углеводородов* обусловлена тем, что эффективные заряды на всех атомах углерода равны нулю. Напротив, неальтернантная конденсированная система 5- и 7-членного циклов (азулен) имеет дипольный момент ок. 1Д ($3,3 \cdot 10^{-30}$ Кл · м).

В нечетных альтернантных углеводородах основное энергетич. состояние отвечает электронной системе, в к-рой есть хотя бы одна однократно занятая орбиталь. Можно показать, что энергия этой орбитали та же, что и в свободном атоме, в связи с чем она наз. несвязывающей МО. Удаление или добавление электрона изменяет заселенность лишь несвязывающей орбитали, что влечет появление заряда на нек-рых атомах, к-рый пропорционален квадрату соответствующего коэф. в разложении несвязывающей МО по АО. Для определения такой МО применяют простое правило: сумма коэф. C_k для всех атомов, соседних с любым данным, должна быть равна нулю. Кроме того, значения коэф. должны отвечать условию нормировки: $C_1^2 + C_2^2 + \dots + C_M^2 = 1$. Это приводит к характерному чередованию (альтернированию) зарядов на атомах в мол. ионах альтернантных углеводородов. В частности, указанное правило объясняет выделение по хим. св-вам *орто*- и *пара*-положений в бензольном ядре по сравнению с *мета*-положением.

Закономерности, установленные в рамках простого Х. м., искажаются при более полном учете всех взаимодейств. в молекуле. Однако обычно влияние множества разнородных дополнит. факторов (напр., σ -электронов остова, заместителей, межэлектронного отталкивания и т. п.) качественно не меняет орбитальную картину электронного распределения. Поэтому Х. м. часто используют для моделирования сложных механизмов r -ций с участием орг. соединений.

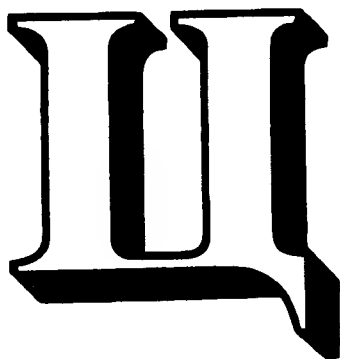
При введении в молекулу гетероатомов (N, O, S, ...) существенными становятся параметры матрицы H , принимаемые для гетероатома и для атомов углерода. В отличие от случая полиенов, разные типы атомов или связей описываются разными параметрами α или β и их соотношение существенно влияет на вид МО; качество предсказаний, получаемых в рамках простого Х. м., как правило, в итоге ухудшается.

Простой по своей идее, наглядный и не требующий сложных вычислений Х. м. является одним из наиб. распространенных средств создания квантовохим. модели электронного строения сложных мол. систем. Наиб. эффективно его применение в тех случаях, когда св-ва молекулы определяются в осн. топологией, структурой хим. связей, в частности *симметрией молекулы*.

Попытки построить улучшенные варианты Х. м. в рамках простых *молекулярных орбиталей методов* имеют мало смысла, т. к. приводят к методам расчета, сравнимым по сложности с более точными методами квантовой химии.

Лит.: Стрейтвизер Э., Теория молекулярных орбит. Для химиков-органиков, пер. с англ., М., 1965; Базилевский М. В., Метод молекулярных орбит и реакционная способность органических молекул, М., 1969; Дьюар М., Догерти Р., Теория возмущений молекулярных орбиталей в органической химии, пер. с англ., М., 1977.

В. И. Пунинцев.



ЦАРСКАЯ ВОДКА, см. Азотная кислота.

ЦВЕТНАЯ ФОТОГРАФИЯ, см. Фотография цветная.

ЦВЕТНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, зависимость цвета орг. соед. от их строения. В статье рассмотрены основные положения электронной теории цветности. Ощущение цвета возникает в результате воздействия на зрительный нерв электромагн. излучения с частотами ν в пределах $3,8 \cdot 10^{14}$ – $7,6 \cdot 10^{14}$ Гц, т.е. с длинами волн λ 380–760 нм (т. наз. видимая часть спектра). Суммарное действие электромагн. излучений во всем указанном интервале вызывает ощущение белого цвета, отсутствие определенного интервала длин волн – окрашенного (см. *Цветометрия*). В табл. 1 приведены приблизит. границы интервалов длин волн монохроматич. световых лучей (т. наз. спектральные цвета) и дополнит. цвета, к-рые возникают в зрительном аппарате, если из белого луча изымается (поглощается) к.-л. из спектральных цветов.

Табл. 1. ПРИМЕРНЫЕ ГРАНИЦЫ ОСНОВНЫХ ЦВЕТОВ СПЕКТРА

λ , нм	Спектральный цвет	Дополнительный цвет
400–435	Фиолетовый	Зеленовато-желтый
435–480	Синий	Желтый
480–490	Зеленовато-синий*	Оранжевый
490–500	Синевато-зеленый*	Красный
500–560	Зеленый	Пурпурный
560–580	Желтовато-зеленый	Фиолетовый
580–595	Желтый	Синий
595–605	Оранжевый	Зеленовато-синий*
605–730	Красный	Синевато-зеленый*
730–760	Пурпурный	Зеленый

*Голубой.

Белое тело практически полностью отражает лучи всей видимой части спектра, черное – полностью поглощает их, серое – поглощает все лучи приблизительно одинаково, но не полностью, цветное – избирательно поглощает нек-рые из них.

Энергия E электромагн. излучения определяется ур-нием Планка: $E = h\nu = hc/\lambda$ (h – постоянная Планка; c – скорость света; λ – длина волны) и составляет для видимой части спектра ~ 158 – 300 кДж/моль. Для того чтобы соед. было окрашенным, энергия возбуждения его молекулы $\Delta E = E' - E^0$ (E^0 и E' – энергии молекулы соотв. в основном и возбужденном состояниях) должна лежать в этих пределах (при $\Delta E > 300$ кДж/моль поглощение происходит в УФ, при $\Delta E < 158$ кДж/моль – в ИК частях спектра). Указанным значениям энергии возбуждения отвечают переходы между разл. электронными уровнями энергии молекул (см. *Молекулярные спектры*).

Поглощение света в-вом характеризуется кривой поглощения, к-рая строится на основе измерения интенсивностей поглощения света определенных длин волн, рассчитанных по закону Бугера–Ламберта–Бера: $I = I_0 \exp(-\epsilon CL)$, где I_0 и I – интенсивности светового луча соотв. до и после прохождения через р-р в-ва; C – молярная концентрация в-ва; L – толщина слоя р-ра; ϵ – молярный коэф. поглощения, или экстинкции, характерный для каждого в-ва. Если кривая поглощения

построена в координатах ϵ – λ , то положение ее максимума на оси абсцисс ($\lambda_{\text{макс}}$) характеризует спектральный цвет и является мерой энергии возбуждения, а положение максимума на оси ординат ($\epsilon_{\text{макс}}$) – интенсивность окраски и является мерой вероятности электронного перехода (рис. 1).

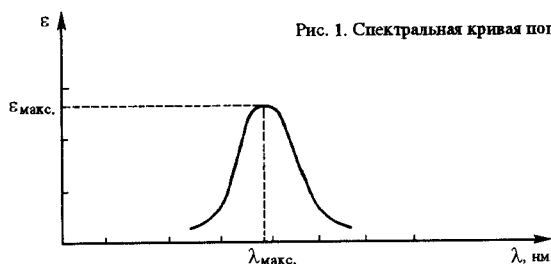


Рис. 1. Спектральная кривая поглощения.

С уменьшением энергии возбуждения $\lambda_{\text{макс}}$ смещается в длинноволновую часть спектра, при этом окраска изменяется от желтой к оранжевой, красной и т. д.; такое изменение цвета наз. его углублением или батохромным сдвигом; увеличение энергии возбуждения, приводящее к смещению $\lambda_{\text{макс}}$ в коротковолновую область и изменению окраски в обратной последовательности, наз. повышением цвета или гипсохромным сдвигом.

Первостепенное значение в процессах поглощения света молекулами орг. соед. имеет разность энергий их граничных мол. орбиталей (ГМО) – высшей занятой и низшей свободной, т. к. переход электронов с одной орбитали на другую обычно обуславливает длинноволновую полосу поглощения, лежащую в видимой части спектра и определяющую цвет соед. Уровни ГМО зависят от характера электронов, входящих в состав молекулы.

Для H_2 и парафинов, содержащих только σ -связи $C-H$ и $C-C$, энергия возбуждения для перехода $\sigma \rightarrow \sigma^*$ составляет (кДж/моль): 1090 (H_2), 1000 (CH_4), 890 (C_2H_6), что соответствует поглощению в дальней УФ области ($\lambda_{\text{макс}}$ 110, 120 и 135 нм соотв.). Такие соед. бесцветны.

Для молекул углеводородов с изолир. π -связями появляется возможность $\pi \rightarrow \pi^*$ -перехода; при этом энергия возбуждения снижается и составляет, напр., для этилена 739 кДж/моль, что соответствует поглощению в дальней УФ области ($\lambda_{\text{макс}}$ 162,5 нм). Такие соед. также бесцветны.

Иное явление наблюдается для углеводородов с сопряженными двойными связями, у к-рых π -электроны делокализованы. С увеличением углеводородной цепи уровни энергии ГМО сопряженных π -связей расщепляются и появляются новые уровни, переход между к-рыми требует меньших затрат энергии по сравнению с этиленом. Так, для бутадиена энергии $\pi \rightarrow \pi^*$ -перехода 553 кДж/моль, что соответствует поглощению при $\lambda_{\text{макс}}$ 217 нм (т. е. в ближнем ультрафиолете). Одновременно значительно возрастает интенсивность полос поглощения. По мере удлинения сопряженной цепочки происходит дальнейшее сближение уровней ГМО, в результате чего имеет место систематич. смещение полосы поглощения в длинноволновую часть спектра и появление окраски.

Аналогичное действие оказывает увеличение замкнутой (ароматической) системы сопряженных π -связей, особенно если ее отдельные звенья расположены линейно, что обеспечивает возможность делокализации π -электронов (табл. 2).

Смещение полосы поглощения в длинноволновую часть спектра происходит также при наличии в сопряженной системе как электронодонорных, так и электроноакцепторных заместителей, к-рые усиливают делокализацию π -электронов в основном состоянии, что приводит к сближению их ГМО и углублению цвета (табл. 3).

Важным фактором влияния электронодонорных и электроноакцепторных заместителей на электронный спектр поглощения является снятие запретов на симметрии на вероятность электронных переходов. Напр., у бензола первые два длинноволновых электронных перехода запрещены по симметрии.

Табл. 2.- ЭНЕРГИИ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ДЛИННОВОЛНОВЫЕ ПОЛОСЫ ПОГЛОЩЕНИЯ АЛИФАТИЧЕСКИХ И АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ


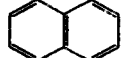
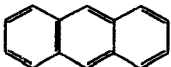
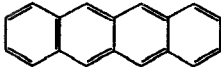
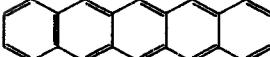
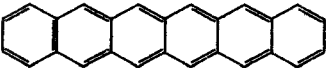
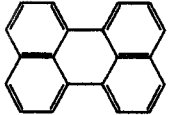

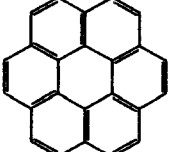
Соединение	ΔE , кДж/ моль	$\lambda_{\text{макс}}$, нм	Цвет
Бутадиен $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2$	553	217	Бесцв.
Гексатриен $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CH}_2$	481	260	То же
Октактатриен $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}=\text{CH})_2\text{CH}=\text{CH}_2$	397	302	То же
Ликопин $((\text{CH}_2)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_2)=\text{CH}[\text{CH}=\text{CHC}(\text{CH}_2)=\text{CH}]_2\text{CH}=\text{CH}_2)$	237	506	Ярко-красный
Бензол 	471	255	Бесцв.
Нафталин 	383	275	То же
Антрацен 	324	370	То же
Тетрацен 	261	460	Желтый
Пентацен 	207	580	Синий
Гексацен 	173	693	Голубой
Перилен 	278	432	Желтый
Терилени 	232	518	Пурпурный
Коронен 	292	411	Желтый

Табл. 3.- ДЛИННОВОЛНОВЫЕ ПОЛОСЫ ПОГЛОЩЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Соединение	$\lambda_{\text{макс}}$, нм
Бензол C_6H_6	255
Нитробензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}$	280
Анилин $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	282
Диметиланилин $\text{C}_6\text{H}_4\text{N}(\text{CH}_3)_2$	297
4-Нитрозодиметиланилин $(\text{CH}_3)_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{NO}$	420,5

Введение заместителей снимает запрет и увеличивает интенсивность поглощения света. Так, молярный коэф. поглощения ($\epsilon_{\text{макс}}$) фенола в ~ 7 , анилина в 8, нитробензола в 45, 4-нитрофенола в 56, 4-нитроанилина в 72 раза больше $\epsilon_{\text{макс}}$ бензола (для длинноволновых максимумов).

Влияние заместителей м. б. усилено или ослаблено ионизацией. Так, в кислой среде усиливаются электроноакцепторные св-ва карбонильной группы в результате присоединения

протона и появления эффективного положительного заряда ($\text{>C=O:} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{>C=}\overset{+}{\text{O}}\text{H}$), электронодонорные св-ва аминогруппы вследствие перехода азота в новое валентное состояние исчезают ($\text{>NH}_2 + \text{H}^+ \longrightarrow \text{>NH}_3^+$); в щелочной среде усиливаются электронодонорные св-ва гидроксигруппы благодаря тому, что кислород приобретает эффективный отрицательный заряд ($\text{>OH} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{>O}^- + \text{H}_2\text{O}$). Эти изменения отражаются на поглощении света соединениями (табл. 4).

Табл. 4.- ДЛИННОВОЛНОВЫЕ ПОЛОСЫ ПОГЛОЩЕНИЯ ИОНИЗИРОВАННЫХ МОЛЕКУЛ

Соединение	$\lambda_{\text{макс}}$, нм
Бензол C_6H_6	255
Фенол $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	275
Фенолят-анион $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$	289
Анилин $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	282
Анилий-катион $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+$	253
4-Нитрофенол $\text{O}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{OH}$	315
4-Нитрофенолят-анион $\text{O}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{O}^-$	400

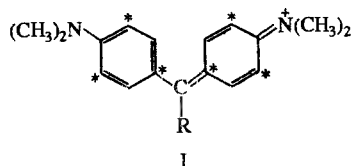
Усиление электронодонорных и электроноакцепторных св-в одновременно с углублением цвета увеличивает и интенсивность поглощения. Для 4-нитрофенолят-аниона $\epsilon_{\text{макс}}$ в $\sim 1,9$ раза превосходит $\epsilon_{\text{макс}}$ 4-нитрофенола. Напротив, утрата электронодонорных св-в аминогруппы в результате ионизации в кислой среде приводит к уменьшению интенсивности поглощения: если $\epsilon_{\text{макс}}$ анилина в 8 раз больше, чем $\epsilon_{\text{макс}}$ бензола, то анилий-катион поглощает практически с той же интенсивностью, что и бензол.

Цветность орг. соед. связана с их принадлежностью к альтернантным или неальтернантным системам (см. *Альтернантные углеводороды*). Так, введение в молекулу альтернантного углеводорода электронодонорного заместителя (напр., в положение 1 или 2 нафталина) всегда вызывает bathochromный сдвиг полосы поглощения, для неальтернантных углеводородов эта закономерность не соблюдается; напр., введение группы CH_3 в молекулу азулена ($\lambda_{\text{макс}}$ 580 нм) может привести к bathochromному сдвигу (в положение 1 или 3 – до 608 нм, а в 5 или 7 – до 592 нм) либо к гипсохромному (в положение 2 – до 566 нм, 4 или 8 – до 568 нм, а в 6 – до 565 нм).

Имеет значение также принадлежность орг. соед. к четным или нечетным альтернантным системам. Четные альтернантные углеводороды в основном состоянии содержат четное число электронов, заполняющих попарно все связывающие σ - и π -молекулярные орбитали (МО), энергия к-рых меньше энергии орбиталей атомов, входящих в состав молекулы. Молекулы нечетных альтернантных углеводородов в электрически нейтральном состоянии (радикалы) содержат нечетное число электронов, заполняющих попарно все связывающие МО, и один неспаренный электрон, к-рый находится на т. наз. несвязывающей орбитали (НМО), последняя по своей природе является π -орбиталью. Если частица представляет собой мол. анион, на НМО находится электронная пара, если же частица представляет собой мол. катион, эта орбиталь остается вакантной. В приближении линейной комбинации атомных орбиталей (см. *ЛКАО-приближение*) коэф. при орбиталях всех непомяченных атомов равны нулю, а для помеченных (метят только нечетные атомы) – имеют конечные значения, т. е. для электронов, находящихся на НМО, электронная плотность сосредоточена только на помеченных атомах, тогда как на низшей свободной МО (НСМО) она распределена равномерно по всем помеченным и непомяченным атомам.

Эти особенности НМО проявляются при введении в молекулы ароматич. соед. гетероатомов. Так, если к центральному атому С (непомеченному) молекулы синего гидрола Михлера (ф-ла I; $\text{R} = \text{H}$, $\lambda_{\text{макс}}$ 603,5 нм) присоединяется группа NH_2 , энергия НМО не изменяется, энергия же НСМО повышается,

в результате увеличивается энергия возбуждения ($\Delta E_2 > \Delta E_1$; рис. 2) и полоса поглощения смещается гипсохромно до $\lambda'_{\text{макс}}$ 420 нм (I; R = NH₂; желтый аурамин).



Одновременно появляется новая n -орбиталь, на к-рой размещается неподеленная электронная пара атома группы NH₂; ее энергия ниже энергии НМО вследствие большей электроотрицательности атома N по сравнению с атомом C и возникает $n \rightarrow \pi^*$ -переход, обуславливающий появление новой полосы поглощения с $\lambda'_{\text{макс}}$ 372 нм (УФ область). Возникает т. наз. разветвленная (или конкурирующая) сопряженная система (2 электронодонорных и 1 электроноакцепторный заместитель). Если же понизить электронодонорные св-ва группы NH₂ ацетилированием, конкурентоспособность ее уменьшается, длинноволновая полоса поглощения снова смещается bathохромно почти до уровня гидрола Михлера (до $\lambda'_{\text{макс}}$ 590 нм) и восстанавливается синий цвет.

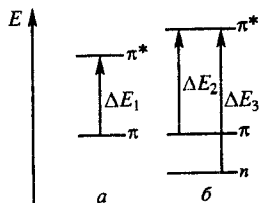
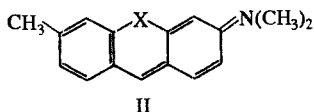
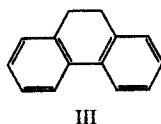


Рис. 2. Уровни энергии НМО и НСМО и электронные переходы в молекулах гидрола Михлера (а) и аурамина (б).

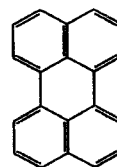
В случае, если 2 ближайших друг к другу атома C в бензольных кольцах гидрола Михлера замкнуть через электроотрицат. атомы N или O, образуется соед. ф-лы II. При этом энергия НМО не изменяется, а энергия НСМО повышается, что приводит к смещению длинноволновой полосы поглощения до 550 нм в случае X = O (пурпурный пиронин) и до 488 нм в случае X = NH (акридиновый оранжевый).



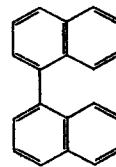
Большое влияние на поглощение света орг. соед. оказывают пространств. факторы, приводящие к искажениям формы молекул. При этом существенное значение имеет характер искажения. Если молекула перестает быть плоской, то происходит сдвиг $\lambda_{\text{макс}}$ в коротковолновую область, т.е. цвет повышается; если же происходит изменение валентных углов без существенного нарушения плоской формы молекулы, то имеет место углубление цвета. В первом случае причина повышения цвета связана с частичным или полным разобщением отдельных участков цепи сопряжения вследствие нарушения копланарности молекулы из-за поворота одних ее частей по отношению к другим вокруг простой связи. Напр., молекулы дигидрофенантрена (III; $\lambda_{\text{макс}}$ 267 нм) и перилена (IV; $\lambda_{\text{макс}}$ 432 нм), имеющие плоскую форму, поглощают свет в более длинноволновой области, чем бифенил (V; $\lambda_{\text{макс}}$ 251,5 нм) и бинафтил (VI; $\lambda_{\text{макс}}$ 291 нм), у к-рых возможен поворот вокруг биарильной связи, нарушающий сопряжение π -электронов двух ароматич. ядер.



V

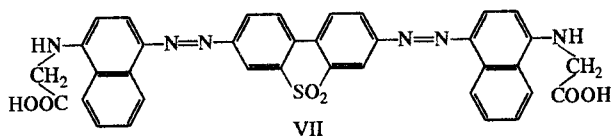


IV

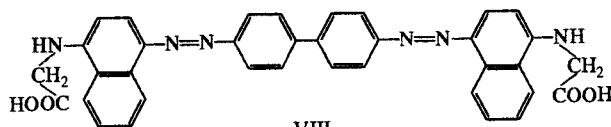


VI

По той же причине из двух аналогичных азокрасителей производное бензидинсульфона (VII; синий) окрашено глубже, чем производное бензидина (VIII; коричнево-красный).

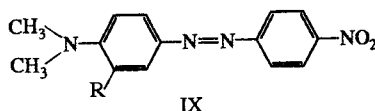


VII



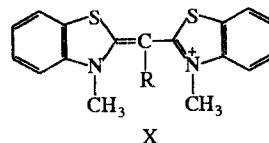
VIII

В азокрасителе IX введение заместителей в *орто*-положение к диалкиламиногруппе нарушает сопряжение неподеленной пары азота с π -системой, что приводит к повышению цвета. Напр., IX (R = H) поглощает при $\lambda_{\text{макс}}$ 475 нм; при R = CH₃ или *изо*-C₃H₇ $\lambda_{\text{макс}}$ 438 и 420 нм соотв.; одновременно уменьшается интенсивность поглощения в 1,5 и 1,7 раза.



IX

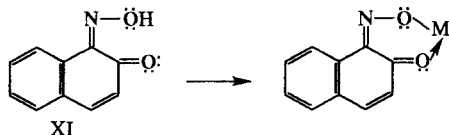
При искажении углов между направлениями связей атомов без значит. нарушения плоской структуры молекулы сопряжение π -электронов существенно не нарушается, но возникающее напряжение сближает уровни энергии молекулы в основном и возбужденном состояниях, снижая тем самым энергию возбуждения. Так, введение в центральную метиновую группу монометинцианина (X; R = H; $\lambda_{\text{макс}}$ 425 нм) метильной группы (X; R = CH₃; $\lambda_{\text{макс}}$ 465 нм), создающей пространственные затруднения, вызывает углубление цвета при одновременном падении интенсивности поглощения почти вдвое.



X

Большое влияние на цвет орг. соед. оказывает присутствие в его структуре металла. При образовании комплекса создаются новые возможности электронных переходов, обуславливающие появление новых полос поглощения в спектрах комплексов. Появление этих полос связано с переносом электрона с высшей занятой МО (ВЗМО) орг. молекулы (лиганда) на своб. атомную орбиталь металла, с переходом d -электрона металла на НВМО лиганда ($d \rightarrow \pi^*$ -переход), а также с возможностью $d \rightarrow d$ -перехода, к-рый возникает благодаря снятию вырождения с вакантных d -орбиталей металла под влиянием поля лиганда. Обычно $d \rightarrow d$ -переходы существенно на цвет комплексов не влияют, т. к. их полосы большей частью находятся в ИК области спектра.

В химии красителей в качестве металлов-комплексобразователей наиб. часто используют Cr, Cu, Ni, Co, Fe, Al в разл. степенях окисления, обычно 2 или 3. При образовании внутрикомплексных соед. атом металла входит в устойчивый 5- или 6-членный цикл; при этом он связывается с двумя разл. атомами, один из к-рых отдает ему неподеленную пару электронов (донорно-акцепторная, или координал. связь). Если эти электроны участвуют в системе сопряжения π -связей, ответственных за поглощение света, комплексобразование сопровождается углублением цвета, напр. цвет соед. XI изменяется от оранжевого до зеленого при образовании комплекса с Fe, до оливкового – с Cr, до красно-коричневого – с Co.



В случае, если неподеленные пары электронов не входят в систему сопряженных двойных связей, ответственных за возникновение окраски, комплексобразование увеличивает устойчивость окрасок к разл. воздействиям (света, тепла и др.).

Электронной теории цветности предшествовали более ранние теории. Одной из первых была хромофорно-ауксохромная теория О. Витта (1876), согласно к-рой окрашенные соед. содержат ненасыщ. группы – хромофоры (напр., $N=N$, NO_2 , NO , $CH=CH$, $C=O$), ответственные за цвет орг. соед. (такие соед. наз. хромогенами), и электронодонорные группы – ауксохромы (напр., OH , SH , NH_2 , NHR , NR_2), повышающие интенсивность окраски. Несмотря на то, что теория Витта устарела, предложенная им терминология используется в совр. химии красителей.

Хиноидная теория цветности, созданная Г. Армстронгом и Р. Нисеиком (1887), объясняла появление окраски перегруппировкой ароматич. (бензоидного) ядра в хиноидное.

Наиб. близка к совр. теории цветности теория Г. Льюиса (1916), по к-рой «цвет обусловлен селективным поглощением света валентными электронами, частоты к-рых синхронны с соответствующей частотой световых колебаний».

Лит.: Венкатараман К., Химия синтетических красителей, пер. с англ., т. 1, Л., 1956; т. 3, Л., 1974; Дьюар М., Догерти Р., Теория возмущений молекулярных орбиталей в органической химии, пер. с англ., М., 1977; Хедвинг П., Прикладная квантовая химия, пер. с англ., М., 1977; Барлтроп Дж., Койл Дж., Возбужденные состояния в органической химии, пер. с англ., М., 1978; Киприанов А. И., Цвет и строение цианиновых красителей, К., 1979; Степанов Б. И., Введение в химию и технологию органических красителей, 3 изд., М., 1984; Свирдлова О. В., Электронные спектры в органической химии, 2 изд., Л., 1985. Б. И. Степанов.

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ, все металлы, кроме черных – железа и его сплавов (сталь, чугун, ферросплавы). К черным металлам часто условно относят также металлы Cr и Mn, к-рые в осн. используют в качестве добавок к железу, но правильное отнести их в отдельную группу Ц. м. – легирующие металлы. В зарубежной литературе используют вместо Ц. м. термин «нежелезные металлы».

Все Ц. м. разделяются на неск. групп (но общепринятой классификации Ц. м. нет). Это, напр., тяжелые Ц. м. – Cu, Pb, Zn, Ni, Sn; легкие металлы – Al, Mg, иногда Ti и др.; малые Ц. м. – Co, Sb, Bi, Hg, Cd; благородные металлы – Au, Ag, Pt и др. платиновые металлы; редкие металлы – Li, Be, Zr, Nb, Ga, In; редкоземельные элементы (Y, La, Ce и др.) группы в свою очередь разделяются на ряд подгрупп. Деление это условно, один и тот же металл, напр. Ti, иногда относят к разным группам.

Масштабы произ-ва Ц. м. различаются очень сильно – от превышающих десять млн. т в год для Al или Cu до неск. т (Re) и менее (для радиоактивных металлов). Произ-во нек-рых Ц. м., напр. Al, на душу населения все время растет, других (Cu, Zn) остается постоянным, нек-рых (Pb) даже снижается.

Используют Ц. м. как в виде чистых металлов, так и в виде сплавов (см. *Алюминия сплавы*, *Бронзы*, *Никеля сплавы* и др.),

в виде легирующих добавок (см. *Легирующие*) при произ-ве сталей и др. сплавов, полупроводниковых материалов, как покрытия для защиты изделий из коррозий, а также в виде порошков или хим. соед. – в машиностроении, судостроении, авиации и ракетной технике, электро- и радиотехнике, электронике, в приборостроении и атомной технике и др., для изготовления мн. предметов бытового назначения.

Произ-во Ц. м. загрязняет окружающую среду (см. *Металлургия*); тяжелые Ц. м. (особенно радиоактивные) токсичны.

П. И. Федоров.

ЦВЕТОМЕТРИЯ (колориметрия), наука о методах измерения и количеств. выражения цвета. Последний рассматривают как характеристику спектрального состава света (в т. ч. отраженного и пропускаемого несамосветящимися телами) с учетом зрительного восприятия. В соответствии с трехкомпонентной теорией зрения любой цвет можно представить как сумму трех составляющих, т. наз. основных цветов. Выбор этих цветов определяет цветовую координатную систему, в к-рой любой цвет м. б. изображен точкой (или цветовым вектором, направленным из начала координат в эту точку) с тремя координатами цвета – тремя числами. Последние соответствуют кол-вам основных цветов в данном цвете при стандартных условиях его наблюдения.

Фундам. характеристикой цвета, его качеством, является цветность, к-рая не зависит от абс. величин цветового вектора, а определяется его направлением в цветовой координатной системе. Поэтому цветность удобно характеризовать положением точки пересечения этого вектора с цветовой плоскостью, к-рая проходит через три точки на осях основных цветов с координатами цвета, равными 1.

Св-ва цветового зрения учитываются по результатам экспериментов с большим числом наблюдателей с нормальным зрением (т. наз. стандартным наблюдателем). В этих экспериментах зрительно уравнивают чистые спектральные цвета (т. е. цвета, соответствующие монохроматич. свету с определенной длиной волны) со смесями трех осн. цветов. Оба цвета наблюдают рядом на двух половинках т. наз. фотометрич. поля сравнения. В результате строят графики ф-ций сложения цветов, или кривые сложения цветов, в координатах «соотношение основных цветов – длина волны спектрально чистого цвета».

Поскольку, согласно закону Г. Грассмана (1853), при данных условиях основные цвета производят в смеси одинаковый визуальный эффект независимо от их спектрального состава, по кривым сложения цветов можно определить координаты цвета сложного излучения. Для этого сначала цвет последнего представляют в виде суммы чистых спектральных цветов, а затем определяют кол-ва основных цветов, требуемых для получения смеси, зрительно неотличимой от исследуемого цвета.

Фактически основой всех цветовых координатных систем является Международная колориметрич. система RGB (от англ. *Red, Green, Blue* – красный, зеленый, синий), в к-рой основными цветами являются красный (соответствующий излучению с длиной волны $\lambda = 700$ нм), зеленый ($\lambda = 546,1$ нм) и синий ($\lambda = 435,8$ нм). Измеряемый цвет C в этой системе м. б. представлен ур-нием: $C = R + G + B$, где R , G , и B – координаты цвета C . Однако большинство спектрально чистых цветов невозможно представить в виде смеси трех упомянутых основных цветов. В этих случаях нек-рое кол-во одного (или двух) из основных цветов добавляют к спектральному цвету и полученную смесь уравнивают со смесью двух оставшихся цветов (или с одним оставшимся цветом). В приведенном выше ур-нии это учитывается переносом соответствующего члена из левой части в правую. Напр., если был добавлен красный цвет, то $C + R = G + B$, или $C = -R + G + B$. Наличие отрицат. координат для нек-рых цветов – существенный недостаток системы RGB.

Наиб. распространена международная система XYZ, в к-рой основные цвета X , Y и Z – нереальные цвета, выбранные так, что координаты цвета не принимают отрицат. значений, причем координата Y равна яркости наблюдаемого окрашенного объекта.

Чтобы определить координаты X, Y, Z для данного цвета (объекта) необходимо знать: 1) ф-цию $E(\lambda)$ – распределение энергии излучения источника освещения по длинам волн; 2) ф-цию $\rho(\lambda)$ – распределение по длинам волн интенсивности излучения, отраженного или пропущенного объектом; 3) ф-ции сложения цветов, называемые иногда также ф-циями восприятия стандартного наблюдателя, $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$.

В Ц. используют источники света A (близкий к лампе накаливания), S и D_{55} , имитирующие солнечное освещение в разл. время суток. Их характеристики изучены и опубликованы в виде таблиц. Ф-ции восприятия $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ при разных размерах измеряемого поля, т. е. при разных сферич. углах наблюдения (обычно 2° и 10°), также приводятся в справочной литературе. Ф-цию $\rho(\lambda)$ измеряют с помощью спектрофотометров. Тогда координаты цвета данного объекта можно рассчитать по ур-ниям:

$$X = \int E(\lambda) \rho(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int E(\lambda) \rho(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int E(\lambda) \rho(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

Интегрирование производится в диапазоне длин волн видимого излучения: от 380 до 760 нм.

Имеются также приборы – спец. фотоэлектрич. колориметры, характеристики фильтров к-рых воспроизводят ф-ции восприятия человеческого глаза. С помощью таких приборов сразу определяют величины $\rho(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda), \rho(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda)$ и $\rho(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda)$.

Цветность определяется координатами цветности x, y, z , к-рые рассчитывают по ур-ниям:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad z = 1-x-y.$$

Т. е. цветность равна проекции на цветовую плоскость (пересекающую оси координат при $X=Y=Z=1$) точки, характеризующей данный цвет.

Недостаток цветовой координатной системы XYZ – неравноконтрастность: в зависимости от области цветового пространства на одинаковые по величине участки приходится разное число (от 1 до 20) цветовых порогов, т. е. границ различения цветов. Это существенно затрудняет согласование измерений с визуальной оценкой.

Поэтому была предложена (1976) цветовая координатная система Lab , где L – яркость, или светлота, к-рая изменяется от 0 (абсолютно черное тело) до 100 (белое тело), координаты $-a, +a, -b, +b$ определяют зеленый, красный, синий и желтый цвета соответственно.

Цветность представляет собой проекцию данного цвета на плоскость ab . Система Lab более однородна и дает лучшую корреляцию с визуальными определениями, т. к. ее параметры – L , цветность и координаты a и b – близки привычным субъективным характеристикам цвета: светлоте, насыщенности и цветовому тону соответственно.

Восприятие цвета существенно зависит от условий наблюдений. Поэтому в любой цветовой координатной системе при изменении условий изменяются координаты цвета. Это явление называется метамеризмом. Различают 4 основных вида метамеризма, связанные с изменением: 1) источника освещения; 2) наблюдателя; 3) размера измеряемого поля; 4) геометрии наблюдения (напр., под каким углом смотрят на объект; вида освещения – диффузное или направленное).

Измерения цвета лежат в основе инструментальных методов оценки качества окраски разл. материалов красителями, расчета смесевых рецептов крашения, оптимизации и автоматизации хим.-технол. процессов крашения и произ-ва красителей.

Лит.: Гуревич М. М., Цвет и его измерение, М.–Л., 1950; Джадд Д., Вышецкий Г., Цвет в науке и технике, пер. с англ., М., 1978.

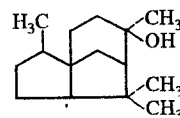
И. М. Мовшович.

ЦВЕТТЕР-ИОНЫ (биполярные ионы), нейтральные молекулы, содержащие одновременно положит. и отрицат. ионные центры. Цветтер-ионную структуру с пространственно разделенными зарядами имеют аминокислоты, существующие в виде внутр. солей – *бетацинов*, а также *мезоионные соединения*.

Особый тип цветтер-ионов представляют *илиды*, в к-рых карбанион непосредственно связан с гетероатомом, несущим положительн. заряд.

Н. А. Магдесиева.

ЦЕДРОЛ (кедровая камфора, кипарисовая камфора) $C_{15}H_{26}O$, мол. м. 222,37; бесцв. кристаллы, обладающие кедрово-древесным запахом; т. пл. $86-87^\circ C$; т. кип. $290-294^\circ C$; $[\alpha]_D + 85^\circ$ (из масла *Juniperus chinensis* L.), раств. в этаноле, не раств. в воде; производное: фенилуретан, т. пл. $106-107^\circ C$. Содержится в масле кедрового дерева *Juniperus virginiana*, в масле кипариса *Cupressus sempervirens* L. и др. эфирных масел, из к-рых его выделяют. Применяют в парфюмерии и для получения душистого в-ва – цедрилацетата.



Л. А. Хейфич.

ЦЕЗИЙ [от лат. caesius – голубой (по ярко-синим спектр. линиям); лат. Cesium] Cs , хим. элемент I гр. периодич. системы, ат. н. 55, ат. м. 132,9054; относится к *щелочным металлам*. Природный Ц. состоит из стабильного нуклида ^{133}Cs . Поперечное сечение захвата тепловых нейтронов $2,9 \cdot 10^{-27} m^2$. Конфигурация внеш. электронной оболочки атома $6s^1$; степень окисления +1; энергия ионизации при переходе $Cs^0 \rightarrow Cs^+$ – $3,89397, 25,1$ эВ; сродство к электрону $0,47$ эВ; электроотрицательность по Полингу $0,7$; работа выхода электрона $1,81$ эВ; металлич. радиус $0,266$ нм, ковалентный радиус $0,235$ нм, ионный радиус Cs^+ $0,181$ нм (координац. число 6), $0,188$ нм (8), $0,192$ нм (9), $0,195$ нм (10), $0,202$ нм (12).

Содержание Ц. в земной коре $3,7 \cdot 10^{-4}\%$ по массе. Минералы Ц. – поллуцит $(Cs, Na)[AlSi_2O_6] \cdot nH_2O$ (содержание Cs_2O $29,8-36,7\%$ по массе) и редкий авогадрит $(K, Cs)[BF_4]$. Ц. присутствует в виде примеси в богатых калием алюмосиликатах: лепидолите ($0,1-0,5\% Cs_2O$), флогопите ($0,2-1,5\%$) и др., также в карналлите ($0,0003-0,002\% CsCl$), трифилине, в термальных (до 5 мг/л Cs) и озерных (до $0,3$ мг/л Cs) водах. Пром. источники Ц. – поллуцит и лепидолит. Осн. месторождения поллуцита находятся в Канаде, Намибии, Зимбабве. Перспективные сырьевые источники: нефелиновые руды, карналлит, цезиевый биотит, флогопит и др. слюды и слюдяные хвосты, получаемые при разработке берилловых, фенакитовых, флюоритовых месторождений, а также высокоминерализованные термальные воды.

Свойства. Ц. – мягкий серебристо-белый металл, при комнатной т-ре находится в полужидком состоянии. Пары окрашены в зеленовато-синий цвет. Кристаллизуется в кубич. объемноцентрированной решетке: $a = 0,6141$ нм, $z = 2$, пространств. группа $Im\bar{3}m$; т. пл. $28,44^\circ C$, т. кип. $669,2^\circ C$; плотн. $1,904$ г/см 3 ($20^\circ C$); S_{298}^0 $32,21$ Дж/(моль $\cdot K$); $\Delta H_{пл}^0$ $2,096$ кДж/моль, $\Delta H_{исп}^0$ $65,62$ кДж/моль, $\Delta H_{возг}^0$ $76,54$ кДж/моль ($298,15$ K); S_{298}^0 $85,23$ Дж/(моль $\cdot K$); ур-ния температурной зависимости давления пара: $\lg p$ (мм рт. ст.) = $-4122/T + 5,228 - 1,514 \lg T + 3977T$ ($100-301,59$ K), $\lg p$ (мм рт. ст.) = $-3822/T + 4,940 - 0,746 \lg T$ ($301,59-897$ K); теплопроводность, Вт/(м $\cdot K$): $19,0$ (298 K), $19,3$ (373 K), $20,2$ (473 K); ρ , мОм $\cdot m$: $0,1830$ ($273,15$ K), $0,2142$ ($301,59$ K, твердый), $0,3568$ ($301,59$ K, жидкость), температурный коэф. ρ $6,0 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ ($273-291$ K); парамагнетик, уд. магн. восприимчивость $+0,22 \cdot 10^{-9}$ (293 K); η , мПа $\cdot c$: $6,76$ ($301,59$ K), $5,27$ (350 K), $3,18$ (500 K); γ $60,6$ мН/м ($301,59$ K); температурный коэф. линейного расширения $97 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ (273 K); твердость по Моосу $0,2$; модуль упругости $1,7$ ГПа (293 K); коэф. сжимаемости $71 \cdot 10^{-11} Pa^{-1}$ (323 K).

По чувствительности к свету Ц. превосходит все др. элементы. Катод из Ц. испускает поток электронов даже под действием ИК излучения с длиной волны $0,80$ мкм, макс. электронная эмиссия наблюдается у Ц. при освещении зеленым светом (у др. элементов – при действии фиолетовых или УФ лучей).

Ц. химически очень активен. Стандартный электродный потенциал $-2,923$ В. На воздухе мгновенно окисляется с воспламенением, образуя надпероксид CsO_2 с примесью пероксида Cs_2O_2 . При ограниченном доступе O_2 окисля-

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЦЕЗИЯ

Показатель	CsH	CsO ₃	CsOH	Cs ₂ SO ₄	CsNO ₃	Cs ₂ CO ₃	CsN ₃
Цвет	Бесцв.	Оранжево-красный	Бесцв.	Бесцв.	Бесцв.	Бесцв.	Желтоватый
Сингония	Кубич.	Тетрагон.	Ромбич.	Кубич.	Ромбич. (α) Гексагон. (γ)	Кубич.	Тетрагон.
Т. пл., °C	528	82°	224°	343	647°	1015	154°
Плотн. (25 °C), г/см ³	3,42	3,19	3,675 (11 °C)	—	4,246 (20 °C)	—	3,643 (20 °C)
ρ, Дж/(моль · K)	40,6	83,7	73	—	134,9	—	96,1
ΔH _{обр} ^a , кДж/моль	-54,0	-271,1	-416,6	7,1°	-1442,9	—	-505,0
ΔH _{пл} ^a , кДж/моль	15	—	—	7,3	—	35,1	—
S ₂₉₈ ^b , Дж/(моль · K)	73	134	102,6	—	211,9	—	153,8
Р-римость в воде, г в 100 г	Разлагается с выделением H ₂	Разлагается с выделением O ₂	385,6 (15 °C) 303 (30 °C)	—	178,7 (20 °C) 210,3 (80 °C)	—	23,0 (20 °C) 134 (80 °C)
							204,5 308,3 224,2 (0 °C) 307,4 (16 °C)

^a Т-ра разложения. ^b Т-ра полиморфного перехода. ^c ΔH полиморфного перехода.

ется до *цезия оксида* Cs₂O; CsO₂ переходит в озонид CsO₃ в токе озонированного O₂ при 40 °C. С водой Ц. реагирует со взрывом с образованием гидроксида CsOH и выделением H₂. Взаимод. с сухим H₂ при 200–350 °C под давлением 5–10 МПа или в присут. катализатора с образованием гидроксида CsH. Горит в атмосфере галогенов, давая *цезия галогениды*. Сульфиды Cs₂S_n (n = 1–6) получают взаимод. металла с S в жидком NH₃. Селенид Cs₂Se и теллурид Cs₂Te синтезируют сплавлением Ц. соотв. с Se и Te в вакууме. С N₂ в обычных условиях Ц. не взаимодей., с жидким N₂ при электр. разряде между электродами, изготовленными из Ц., образует нитрид Cs₃N. Ц. раств. в жидком NH₃, алкалинах и полиэфирах, образуя синие р-ры, обладающие электронной проводимостью; в аммиачном р-ре Ц. медленно реагирует с NH₃ с выделением H₂ и образованием амида CsNH₂. С газообразным NH₃ при 120 °C образует CsNH₂, с красным P в вакууме при 400–430 °C – фосфид Cs₂P₃, с порошком графита при 200–500 °C – карбид Cs₂Cs, а при более высоких т-рах – C₂₄Cs, C₃₆Cs и др. карбиды, с ацетиленом при 300 °C в вакууме – ацетиленид Cs₂C₂, с Si и Ge в атмосфере Ar при 600 °C – соотв. силицид CsSi и германид CsGe. Ц. взаимодей. с CO₂, CCl₄ со взрывом. Выше 300 °C разрушает стекло, восстанавливая Si из SiO₂ и силикатов. Ц. реагирует со всеми к-тами с образованием соответствующих солей, со спиртами дает алкоколяты. Св-ва соед. Ц. представлены в табл.

Ц. образует твердые р-ры с K и Rb, эвтектич. смесь с Na, не смешивается с Li. Со мн. металлами дает интерметаллиды, напр. CsAu, CsSn₄.

Получение. Для извлечения Ц. из поллуцита используют след. методы: кислотные, спекание и сплавление, прямое получение металлич. Ц. В кислотных методах применяют галогеноводородные к-ты (чаще соляную) или H₂SO₄. Поллуцит разлагают конц. соляной к-той при нагр., из полученного р-ра действием SbCl₃ осаждают Cs₃[Sb₂Cl₉], к-рый обрабатывают горячей водой или р-ром NH₃ с образованием CsCl. При разложении поллуцита серной к-той получают алломоцезиевые квасцы CsAl(SO₄)₂ · 12H₂O.

Из методов спекания и сплавления наиб. распространен метод Аренда: поллуцит спекают со смесью CaO и CaCl₂, спек выщелачивают в автоклаве горячей водой, р-р упаривают досуха с H₂SO₄ для отделения CaSO₄, остаток обрабатывают горячей водой; из полученного р-ра осаждают Cs₃[Sb₂Cl₉]. Прямое извлечение металлич. Ц. осуществляют путем нагревания до 900 °C в вакууме смеси (1:3) измельченного поллуцита и Ca (или Al).

Ц. из лепидолита получают попутно при его переработке на соед. лития. Ц. осаждают из маточных р-ров после выделения Li₂CO₃ или LiOH в виде смеси алломоцезиевых, алломорубидиевых и алломокалиевых квасцов.

Для разделения Cs, Rb и K и получения чистых соед. Ц. применяют методы фракционированной кристаллизации квасцов и нитратов, осаднения и перекристаллизации Cs₃[Sb₂Cl₉], Cs₂[SnCl₆]. Используют также ионообменную хроматографию на синтетич. смолах и неорг. ионитах (кли-

ноптилолит и др.), экстракцию производными фенола [4-втор-бутил-2-(α-метилбензил)фенол, алкилфенолы C₇–C₉ и др.]. Для получения соед. Ц. высокой чистоты применяют его полигалогениды.

Извлечение радиоактивного изотопа ¹³⁷Cs (T_{1/2} 33 г, продукт деления U в ядерных реакторах) из р-ров, полученных при переработке радиоактивных отходов ядерных реакторов, осуществляют методами соосаждения с гексацианоферратами Fe, Ni, Zn или фосфоровольфрамом аммония, ионного обмена на гексацианоферрате Ni, фосфоровольфраме аммония и др., экстракционным.

Металлич. Ц. получают в осн. металлотермич. восстановлением CsCl (кальцием или магнием, 0,1–10 Па, 700–800 °C) с послед. очисткой от примесей ректификацией и вакуумной дистилляцией. По др. способу проводят электролиз расплава CsHal с жидким свинцовым катодом и получают сплавы Cs–Pb, из к-рого выделяют металлич. Ц. дистилляцией в вакууме. Ц. высокой чистоты получают медленным термич. разложением CsN₃ в вакууме (менее 10 Па, 390–395 °C).

Определение. Качественно Ц. обнаруживают по характерным линиям спектра 894,35 нм и 852,11 нм. Для микрохим. обнаружения используют осаждение Cs₃[Sb₂Cl₉], Cs₃[Bi₂I₉], Cs₃[SnI₉] и др. менее избирательные р-ции. Наиб. распространенные методы определения микроколичеств Ц. – эмиссионная пламенная фотометрия и атомно-абсорбционная спектрометрия. Применяют также радиохим. метод изотопного разбавления и нейтронно-активационный анализ.

При высоком содержании Ц. в пробе его определяют гравиметрически в виде Cs[B(C₆H₅)₄], Cs[Bi₂I₉], Cs₂[TeI₆], Cs₃[Co(NO₂)₆] и нек-рых др. солей. В гораздо меньшей степени используют титриметрич. и спектрофотометрич. методы.

Применение. Металлич. Ц. – компонент материала катодов для фотоэлементов, фотоэлектронных умножителей, телевизионных передающих электронно-лучевых трубок, термоэмиссионных электронно-оптич. преобразователей. Ц. используют в вакуумных электронных приборах (как геттер), выпрямителях, атомных стандартах времени. Цезиевые «атомные часы» необыкновенно точны. Их действие основано на переходах между двумя состояниями атома Ц. – с параллельной и антипараллельной ориентацией собств. магн. моментов ядра атома и валентного электрона; этот переход сопровождается колебаниями со строго постоянными характеристиками (длина волны 3,26 см). Пары Ц. – рабочее тело в магнетогидродинамич. генераторах, газовых лазерах, ионных ракетных двигателях. Радионуклид ¹³⁷Cs используют для γ-дефектоскопии, в медицине для диагностики и лечения. Ц. – теплоноситель в ядерных реакторах, компонент смазочных материалов для космич. техники.

Мировое произ-во Ц. и его соединений (без СНГ) ок. 10 т в год.

Хранят Ц. в ампулах из стекла пирекс в атмосфере Ar или стальных герметичных сосудах под слоем обезвоженного масла (вазелинового, парафинового). Утилизируют обработкой остатков металла пентанолом.

СВОЙСТВА ГАЛОГЕНИДОВ ЦЕЗИЯ

Показатель	CsF	CsHF ₂	CsCl	CsBr	CsI
Сингония	Кубич. ^a	Тетрагон.	Кубич.	Кубич.	Кубич.
Параметр кристаллич. решетки <i>a</i> , нм	0,601	0,614 ^b	0,411	0,694	0,457
Число формульных единиц в ячейке	4	1	1	4	1
Пространств. группа	<i>Fm3m</i>	<i>I4/mcm</i>	<i>Pm3m</i>	<i>Pm3m</i>	<i>Pm3m</i>
Т. пл., °C	703	58 ^a	177 ^a	470 ^a	632
Т. кип., °C	1253	—	—	1295	1280
Плотн. (25 °C), г/см ³	3,59 ^a	3,68	3,81	4,43	4,509
<i>C_p</i> , Дж/(моль · К)	51,09	87,34	—	52,47	52,47
$\Delta H_{обр}^0$, кДж/моль	-557,1	-923,2	4,15 ^b	-442,3	-348,1
$\Delta H_{пл}^0$, кДж/моль	21,7	2,43 ^b	—	20,38	—
<i>S</i> ₂₉₈ ⁰ , Дж/(моль · К)	92,96	135,3	—	112,94	122,20
Показатель преломления при 20 °C (λ 589 нм)	1,480	—	1,6397	1,6984	1,7876

^a Гранецентрич., при высоких давлениях существует объемноцентрич. кубич. модификация. ^b *c* = 0,784 нм. * Т-ра полиморфного перехода. * При 20 °C. ^Δ ΔH полиморфного перехода.

Ц. открыли Р. Бунзен и Г. Кирхгоф в 1861; впервые выделил металл. Ц. в 1882 К. Сеттерберг.

Лит.: Плющев В.Е., Степин Б.Д., Химия и технология соединений лития, рубидия и цезия, М., 1970; Коган Б.И., Названова В.А., Солодов Н.А., Рубидий и цезий, М., 1971; Плющев В.Е., Степин Б.Д., Аналитическая химия рубидия и цезия, М., 1975; Мозговой А.Г. [и др.], в кн.: Обзоры по теплофизическим свойствам веществ, М., 1985, № 1, с. 3-108; Степин Б.Д., Цветков А.А., Неорганическая химия, М., 1994; Hart W.A. [a.o.], The chemistry of lithium, sodium, potassium, rubidium, cesium and francium, Oxf., 1975. Л.И. Покровская.

ЦЕЗИЯ ГАЛОГЕНИДЫ CsX, где X = F, Cl, Br, I, — бесцв. кристаллы (табл.). Плавятся без разложения, выше т-ры плавления летучи, давление пара повышается, а термич. устойчивость понижается при переходе от CsF к CsI; CsBr и CsI в парах частично разлагаются с выделением соотв. Br₂ и I₂. CsI легко окисляется при обычной т-ре, на свету его водные р-ры желтеют вследствие выделения I₂. Р-римость Ц. г. в воде (г в 100 г): CsF — 530 (25 °C), 608 (50 °C); CsCl — 162,3 (0,7 °C), 191,8 (25 °C), 229,4 (50 °C); CsBr — 123,5 (25 °C); CsI — 43,1 (0 °C), 85,6 (25 °C), 160 (61 °C). Из водных р-ров кристаллизуются безводные CsCl, CsBr, CsI, кристаллогидраты CsF · nH₂O, где *n* = 1, 1,5, 3.

Ц. г. хорошо раств. в метаноле, этаноле, муравьиной к-те, гидразине, плохо — в ацетоне, эфирах, пиридине, ацетонитриле, нитробензоле. Растворимость в галогеноводородных к-тах HX:

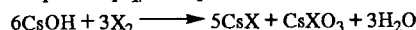
В-во	Концентрация в растворе HX и CsX, % по массе (25 °C)				
HBr	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
CsBr	49,0	40,6	33,3	27,9	23,4
HCl	4,2	11,0	15,4	20,2	22,4
CsCl	57,9	49,1	45,5	43,1	42,4

Р-ры CsCl в соляной к-те используют для его первичного отделения от NaCl и KCl.

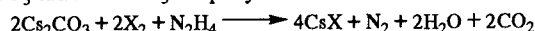
Безводный CsF гигроскопичен, его водные р-ры имеют щелочную среду: 2CsF + H₂O ⇌ CsHF₂ + CsOH. Фторид образует гидрофториды: CsF · nHF, где *n* = 1, 2, 3, 6, — бесцв. кристаллы, при *n* > 2 легко распыляются и разлагаются на воздухе; CsHF₂ термически устойчив, отщепляет HF при 500–600 °C; хорошо раств. в воде.

Ц. г. образуют с соответствующими KX и RbX твердые р-ры, с NaX — эвтектич. смеси, с LiX — аддукты, напр. LiCl · 2CsCl. Комплексы CsX с галогенидами мн. элементов, напр. Cs₃[Sb₂Cl₉], используют для выделения и определения цезия.

Получают CsX нейтрализацией Cs₂CO₃ соответствующей к-той HX либо взаимод. Cs₂SO₄ с BaX₂ в р-ре. CsBr и CsI получают в горячем р-ре по р-ции:



Далее в р-р добавляют активир. уголь, упаривают досуха и прокаливают при 300–450 °C. CsBr и CsI можно получить из Cs₂CO₃ или CsHCO₃ в присут. восстановителя:



Галогениды CsBr и CsI обладают оптич. прозрачностью в интервале длин волн от 500 до 6 · 10⁴ нм, их используют для изготовления призм в ИК спектроскопии; пары CsBr — рабочее тело в плазменных СВЧ установках; монокристаллы CsI, активированные Tl, используют в сцинтилляционных счетчиках. CsX — компоненты люминофоров для флуоресцирующих экранов. CsF применяют при получении фторорг. соед., пьезоэлектрич. керамики, как компонент спец. стеклов. и эвтектич. композиций для аккумуляторов тепла, CsCl — электролит в топливных элементах, флюс при сварке Mo.

Л.И. Покровская.

ЦЕЗИЯ ОКСИД Cs₂O, кристаллы (табл.), распыляющиеся на воздухе; в вакууме (10⁻³ Па) возгоняется при 350–450 °C, при 500 °C разлагается: 2Cs₂O → Cs₂O₂ + 2Cs; энергично реагирует с водой, давая CsOH, с влажным CO₂, при 150–200 °C — с H₂, F₂, Cl₂, а также с расплавл. S; разлагается на свету; получают медленным окислением Cs кислородом (2/3 стехиометрич. кол-ва), остаток Cs отгоняют в вакууме при 180–200 °C. При окислении Cs кислородом получают также его пероксид и надпероксид.

СВОЙСТВА ОКСИДА, ПЕРОКСИДА И НАДПЕРОКСИДА ЦЕЗИЯ

Показатель	Cs ₂ O	Cs ₂ O ₂	CsO ₂
Цвет	Коричнево-красный	Бледно-желтый	Золотисто-коричневый
Сингония	Гексагон.	Ромбич.	Тетрагон.
Параметры кристаллич. решетки, нм:			Кубич.
<i>a</i>	0,674	0,4322	0,4477
<i>b</i>	—	0,7517	—
<i>c</i>	1,882	0,6340	0,7350
Пространств. группа	<i>R3m</i>	<i>Immm</i>	<i>I4/mmm</i>
Т. пл., °C	595	594	130*
Плотн., г/см ³	4,36	4,47 (15 °C)	3,76 (19 °C)
<i>C_p</i> , Дж/(моль · К)	76,0	95,0	79,1
$\Delta H_{обр}^0$, кДж/моль	-346,4	-440	-286
$\Delta H_{пл}^0$, кДж/моль	20	22	—
<i>S</i> ₂₉₈ ⁰ , Дж/(моль · К)	146,9	180	142

* Т-ра полиморфного перехода, ниже -263,6 °C и в интервале от -263,6 до -83 °C существуют две ромбич. модификации.

Пероксид Cs₂O₂ — гигроскопичные кристаллы, выше 650 °C разлагается с выделением атомарного кислорода и активно окисляет Ni, Ag, Pt, Au; давление диссоциации 2261 Па (1103 °C); раств. в ледяной воде без разложения, выше 25 °C гидролизуются: 2Cs₂O₂ + 2H₂O → 4CsOH + O₂;

в к-тах раств. с образованием H_2O_2 ; получают окислением Cs или его р-ра в жидком NH_3 дозированным кол-вом O_2 .

Надпероксид CsO_2 выше $350^\circ C$ диссоциирует с выделением O_2 , давление диссоциации 931 Па ($400^\circ C$), 6783 Па ($973^\circ C$); очень сильный окислитель, окисляет, напр., ReO_2 до Cs_3ReO_5 , MnO_2 до Cs_2MnO_4 , SeO_2 до Cs_2SeO_4 ; реагирует с H_2O , CO_2 , H_2 с выделением O_2 ; чистый CsO_2 получают сжиганием металла в избытке O_2 , др. способы – окисление кислородом р-ра Cs в жидком NH_3 , амальгамы Cs, расплавов CsO и Cs_2O .

Ц. о. – компонент сложных фотокаатодов, спец. стеклов и катализаторов; Cs_2O_2 , CsO_2 – источники O_2 и его регенераторы в космич. и подводных кораблях.

Л. И. Покровская.

ЦЕЙЗЕ СОЛЬ, см. *Платиноорганические соединения*.

ЦЕЙЗЕЛЯ МЕТОД, способ определения алкоксигрупп в орг. соедин. Алкоксигруппы, содержащие метильный, этильный, пропильный или изопропильный радикалы, расщепляются концентр. HI в присут. красного фосфора с образованием летучего алкилиодида, напр.: $ROCH_3 + HI \rightarrow RON + CH_3I$. Последний отгоняют и поглощают $AgNO_3$; иод, содержащийся в алкилиодидах, определяют гравиметрически в виде AgI . Чаще используют более точный вариант Ц. м., в к-ром алкилиодид поглощают р-ром BzI и CH_3COOK в ледяной CH_3COOH с послед. титриметрич. определением образовавшейся HIO_3 с помощью $Na_2S_2O_3$ в присут. KI .

Алкоксильные производные, содержащие бутильную группу или др. высший радикал, расщепляются с трудом; образующиеся иодиды имеют слишком высокую т-ру кипения и не испаряются количественно в условиях опыта. Метанол, этанол и нек-рые более высокомолекулярные спирты также дают ложит. р-цию в условиях определения. Присутствие в в-ве серосодержащих функц. групп осложняет определение. В нек-рых случаях для лучшего разложения алкоксисоединения используют смесь, состоящую из HI , фенола и C_2H_5CHO .

Ц. м. непригоден для несимметричных простых эфиров, в к-рых обе группы алифатические. Его используют для определения алкоксигрупп в алкалоидах и сахарах.

Метод предложен С. Цейзелем в 1885. С. И. Обтемперанская.

ЦЕЛЛОБИОЗА, см. *Целлюлоза*.

ЦЕЛЛОЗОЛЬВЫ, торговое назв. простых моноалкиловых эфиров этиленгликоля общей ф-лы $ROCH_2CH_2OH$. Иногда к Ц. относят также диалкиловые эфиры этиленгликоля $ROCH_2CH_2OR'$.

Ц. – горючие бесцв. жидкости (табл.), со слабым спиртовым или глицериновым запахом; бензилцеллозольв – с запахом розы. Большинство Ц. раств. в воде, спиртах, глицеролах и др. орг. р-рителях, ограниченно раств. в воде 2-этилбутилцеллозольв ($1,2\text{ г}$ в 100 г при $20^\circ C$) и фенилцеллозольв ($2,7\text{ г}$ в 100 г при $20^\circ C$).

Ц. обладают хим. св-вами, характерными для этиленгликоля и простых эфиров. Металлы и их гидроксиды легко замещают водород гидроксильной группы; при взаимодействии с карбонными к-тами образуются сложные эфиры, напр. с

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЦЕЛЛОЗОЛЬВОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. кип., °C	d_4^{20}	n_D^{20}
Метилцеллозольв ^a $CH_3OCH_2CH_2OH$	76,09	-85,1	124,6	0,9646	1,4021
Этилцеллозольв ^b $C_2H_5OCH_2CH_2OH$	90,12	-70	135,6	0,9311	1,4076
Бутилцеллозольв ^c $C_4H_9OCH_2CH_2OH$	118,18	-70	170,2	0,9022	1,4198
Гексилцеллозольв ^d $C_6H_{13}OCH_2CH_2OH$	146,23	-50,1	208,1	0,9887	1,4290
Фенилцеллозольв ^e $C_6H_5OCH_2CH_2OH$	138,17	—	215	1,030	1,5386
2-Этилбутилцеллозольв ^f $(C_2H_5)_2CHCH_2OCH_2CH_2OH$	146,23	-90	196,7	0,8954	1,4304

^a η 1,7 мПа·с ($20^\circ C$), т. всп. $36^\circ C$, т. самовоспл. $228^\circ C$. ^b η 2,1 мПа·с ($20^\circ C$), т. всп. $48,9^\circ C$, т. самовоспл. $237,8^\circ C$. ^c η 6,4 мПа·с ($20^\circ C$), т. всп. $69,4^\circ C$, т. самовоспл. $244,4^\circ C$. ^d η 5,2 мПа·с ($20^\circ C$), т. всп. $90,6^\circ C$. ^e Т. всп. $121,1^\circ C$. ^f Т. всп. $82,2^\circ C$.

уксусной к-той – целлозольвацетат: $C_2H_5OCH_2CH_2OH + CH_3COOH \rightarrow C_2H_5OCH_2CH_2OC(=O)CH_3$; при оксигетилировании – эфиры ди-, три- и т. д. этиленгликолей.

В пром-сти Ц. получают взаимодей. этиленоксида с соответствующими спиртами при $150\text{--}200^\circ C$ и давлении $2\text{--}4\text{ МПа}$ в присут. гомогенных (к-ты, щелочи) или гетерогенных (цеолиты, алюмосиликаты, силикагели и др.) катализаторов.

Для снижения себестоимости товарных продуктов создают пром. установки с «гибкой» технологией, позволяющие синтезировать эфиры моно-, ди- и триэтиленгликоля на основе этиленоксида и спиртов $C_1\text{--}C_4$.

Ц. могут быть получены также взаимодей. этиленхлоргидрина и алкогولات Na (выход эфиров из алкогولات нормальных спиртов $60\text{--}65\%$, спиртов изостроения $30\text{--}35\%$) либо взаимодей. моноэтиленгликоля с диалкилсульфатами в присут. щелочи.

Ц. – р-рители нитратов и ацетатов целлюлозы (откуда и назв. – целлозольвы), прир. и синтетич. смол, поливинилацетата; компоненты р-рителей для удаления старых лакокрасочных покрытий; входят в состав аппретур для отделки кож, хим. чистки одежды; придают краскам способность раств. в воде; текстильно-вспомогат. в-ва. Бутилцеллозольв благодаря совместимости с алкидными смолами снижает вязкость лака, позволяет наносить алкидный лак на нитроцеллолозные эмали; добавление к алкидным смолам целлозольвацетата замедляет испарение р-рителя. Метил- и этилцеллозольвы – присадки к реактивным авиационным топливам для предотвращения образования кристаллов льда (к автомобильным бензинам добавляют бутилцеллозольв). Этилцеллозольв включают в состав антиобледенит. жидкостей для ветровых стекол автомобилей (до 10%). Ц. часто используют как разделяющие агенты при азеотропной ректификации спиртов и углеводородов. Бензилцеллозольв – сырье в произ-ве душистых в-в и фиксатор запаха в парфюмерии.

Пары Ц., особенно низших, ядовиты; накапливаясь в организме, могут вызывать изменения в печени и почках; при хронич. отравлениях поражают гл. обр. центр. нервную систему и слизистые оболочки. Всасываются через кожу, вызывают дерматит, при приеме внутрь – смерть.

Горючи, для метил- и этилцеллозольва КЛВ смеси паров с воздухом $3\text{--}14\%$ и $2,6\text{--}15,7\%$ (по объему); ПДК в воздухе рабочей зоны соотв. 5 мг/м^3 и 10 мг/м^3 . С увеличением мол. массы токсичность снижается.

Мировое произ-во более 400 тыс. т в год (1990).

Лит.: Дыммент О. Н., Казанский К. С., Мирошников А. М., Гляколи и другие производные оксидов этилена и пропилена, М., 1976; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 9, N. Y., 1980.

Б. Б. Чесноков.

ЦЕЛЛОФАН, пленка, формируемая из щелочных р-ров ксантогената целлюлозы (вискозы). Для формирования обычно используют вискозу со сроком созревания ок. 90 ч . Прозрачная пленка Ц. содержит до 12% воды и ок. 11% глицерина, толщина ее $20\text{--}50\text{ мкм}$, масса 1 м^2 $30\text{--}100\text{ г}$. Отличается высокой паро- и влагопроницаемостью, высокой стойкостью к действию жиров. Прочность Ц. при растяжении в продольном направлении не менее $7,8\text{ ГПа}$, в поперечном – ок. $3,5\text{ ГПа}$, относит. удлинение соотв. не менее 10 и 14% ; при многократном изгибе не ломается.

Получают Ц. формированием вискозы через щелевую или кольцевую фильеру в осадит. ванну, содержащую водный р-р H_2SO_4 ($130\text{--}150\text{ г/л}$) и Na_2SO_4 ($200\text{--}220\text{ г/л}$), с послед. удалением серы действием разб. р-ра $NaOH$ и промыванием. Для придания Ц. эластичности его пластифицируют глицерином, иногда – маннитом, пентаэритритом или гидроксикислотами. Т-ра формирования Ц. ок. $40^\circ C$, т-ра сушки – не более $75^\circ C$ (во избежание улетучивания пластификатора). Высушенную пленку наматывают в рулон.

Для получения неслипающегося Ц., обладающего пониженной паро- и влагопроницаемостью, пленку модифицируют – покрывают тонкой защитной пленкой из полиэтилена, ацетилцеллолозы, поливинилхлорида или др. полимеров (дублирование), выдерживают в среде влажного воздуха и затем пропускают через ванну с эфироцеллолозным лаком (лаки-

рование) или обрабатывают феноло-формальдегидной смолой для снижения гигроскопичности.

Ц. нетоксичен; применяется в качестве упаковочного материала для жирных мясо-молочных продуктов, фруктов, кондитерских изделий, товаров народного потребления, техн. продуктов; в медицине Ц. — имплантируемый материал.

Лит. см. при ст. Вискозные волокна.

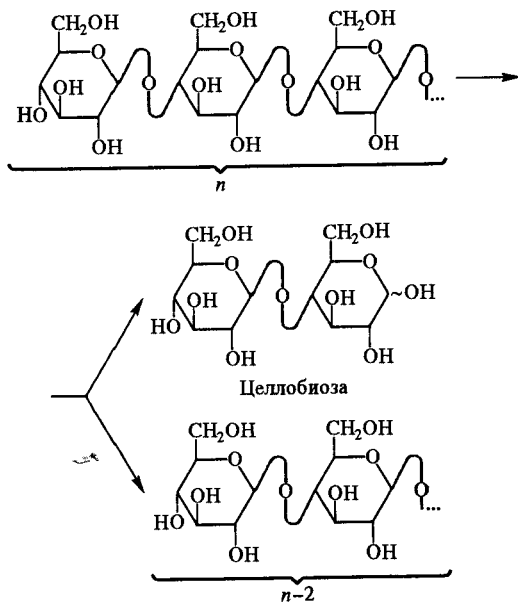
ЦЕЛЛЮЛОИД, см. Этролы.

ЦЕЛЛЮЛАЗЫ (целлюлолитич. ферменты), ферменты класса гидролаз, катализирующие гидролиз 1,4-гликозидных связей в молекуле целлюлозы с образованием набора олигосахаридов разл. степени полимеризации вплоть до мономера — глюкозы.

Различают два осн. типа Ц.: эндоглюканызы (1,4-β-глюкан-4-глюкогидролазы, эндо-1,4-β-глюканызы) и целлобиогидролазы (1,4-β-D-глюкан-4-целлобиогидролазы, экзоцеллобиогидролазы), отличающиеся по характеру действия на молекулы целлюлозы и, как правило, действующие совместно.

Ц. первого типа гидролизуют связи в молекуле целлюлозы и нек-рых ее растворимых производных (карбоксиметил-, гидроксиэтилцеллюлоза и др.) неупорядоченным способом, образуя набор поли- и олигомерных фрагментов разл. длины. Катализируют также р-цию трансгликозилирования (присоединение части расщепляемой молекулы поли- или олигосахарида к концевому невосстанавливающему ангидроглюкозному остатку др. поли- или олигомерной молекулы субстрата).

Ц. второго типа гидролизуют молекулы целлюлозы, образуя почти исключительно целлобиозу, к-рую они отщепляют с невосстанавливающего конца полисахарида (n — число звеньев цепи):



Другое отличие Ц. второго типа от эндоглюканыз — незначит. снижение ими вязкости р-ров карбоксиметил- или гидроксиэтилцеллюлозы (при равной степени гидролиза полимера).

Характерное св-во двух типов Ц. — наличие синергизма (взаимного усиления) при их совместном действии на высокоупорядоченные формы целлюлозы (хлопковое волокно, микрокристаллич. целлюлоза).

Ц. обнаружены у бактерий, актиномицетов, грибов, растений. Наличие Ц. у животных однозначно не доказано, однако мн. насекомые, птицы, жвачные, грызуны содержат в пищеварит. органах микрофлору, образующую Ц. Способность жвачных животных переваривать клетчатку обусловлена присутствием в их желудке (гл. обр. в рубце) симбиотич. анаэробных микроорганизмов, выделяющих Ц.

Наиб. эффективные продуценты Ц. — грибы. Ферментные системы грибов содержат, как правило, множественные формы обеих форм Ц., отличающиеся мол. массой, изоэлектрич. точкой и содержанием ковалентно связанных углеводных остатков. Часть Ц. — истинные изоферменты, кодируемые самостоят. генами, др. формы образуются при посттрансляционной модификации основных типов Ц.

Наиб. изученным продуцентом Ц., имеющим важное прикладное значение, является почвенный грибок *Trichoderma viride* (teesei). Он секретирует по меньшей мере 2 изофермента целлобиогидролазы с мол. м. 65 и 55 тыс., pI 3,9–4,2 и 5,9–6,5 соотв., а также 2 изофермента эндоглюканызы с pI 4,7 и 5,4. Определена первичная структура всех этих ферментов. Оптимальное каталитич. действие Ц. большинства грибов проявляется при pH 4–5.

Среди анаэробных бактерий наиб. известный продуцент Ц. — *Clostridium thermocellum*. Структура Ц. этих бактерий существенно отличается от Ц. грибов. Этот микроорганизм секретирует крупные надмол. образования, в составе к-рых обнаруживается не менее 14 разл. белков, в т. ч. молекулы Ц., т. наз. целлюлосомы (общая мол. м. более 2 млн.). Сходные образования обнаруживаются и у нек-рых др. анаэробных бактерий, в т. ч. находящихся в желудке жвачных животных.

В составе целлюлосом обнаружены по крайней мере 4 изофермента Ц. первого типа и 1 — второго. Для всех эндоглюканыз целлюлосомы определена первичная структура, а для одной из них — также пространственная. Оптимальная каталитич. активность бактериальных ферментов при pH ок. 7.

Наиб. известный ингибитор Ц., в особенности для Ц. второго типа, — целлобиоза.

В первичную структуру многих Ц. входит т. наз. сорбционный домен — фрагмент полипептидной цепи, определяющий связывание молекулы фермента с поверхностью целлюлозы. У разл. Ц. он локализован на С- или на N-конце молекулы и связан переходной областью с каталитич. доменом. Последний, при протеолитич. отщеплении сорбционного домена, способен катализировать гидролиз производных целлюлозы в р-ре, но не активен по отношению к нерастворимым субстратам.

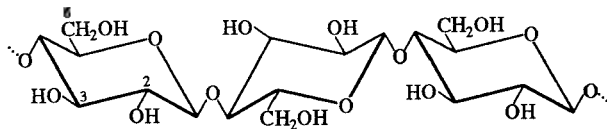
Ц. применяют в произ-ве соков и вин (для их осветления), комбикормов (для их лучшего усвоения), а также для получения высококачественной бумаги.

Мировое произ-во Ц. составляет тысячи тонн (в числе осн. производителей — Япония, Дания, Финляндия, Россия).

Лит.: Рабинович М. Л. [и др.], в сб.: Итоги науки и техники, сер. Биотехнология, т. 11, М., 1988, с. 4–149; Biochemistry and genetics of cellulose degradation, eds. J. P. Aubert, P. Beguin, J. Millet, L., 1988. М. Л. Рабинович.

ЦЕЛЛЮЛОЗА (франц. cellulose, от лат. cellula, букв. комнатка, здесь — клетка), полисахарид — линейный (1→4)-β-глюкан [поли(1→4)-β-D-глюкопиранозил-D-глюкопираноза] общей ф-лы $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$. Один из наиб. распространенных биополимеров, входящий в состав клеточных (отсюда назв.) стенок растений и микроорганизмов (нек-рые из них, а также отд. виды беспозвоночных — черви, древоточцы благодаря ферменту целлюлазе, расщепляющему Ц., могут ее усваивать). Мировой объем ежегодного прироста 10^4 – 10^5 т. Содержание Ц. (% по массе) в волокнах семян хлопчатника 95–98, лубяных 60–85, тканях древесины 40–44, низших растениях 10–25.

Строение. Элементарное звено макромолекулы Ц. находится в конформации кресла с экваториально расположенными группами OH и CH₂OH:



Теоретически рассчитанная конформация макромолекулы Ц. — жесткая спираль (шаг равен 2–3 элементарным звеньям), стабилизированная внутримол. водородными связями.

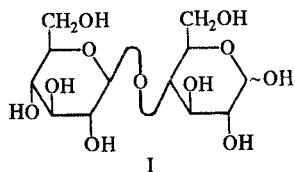
Ц. имеет ряд структурных модификаций, из к-рых наиб. важны модификации I-IV и X (III-IV и IX). Структура III – модификация природной Ц. Структура III – т. наз. гидратцеллюлоза (см. *Гидратцеллюлозные волокна*), образующаяся при регенерации Ц. из ее производных (напр., сложных эфиров, щелочной Ц.), растворенной и послед. осаждении Ц. из р-ра; III образуется при обработке III или III жидким NH_3 либо безводным этиламинном; IV получают обработкой III или III при повышенной т-ре глицерином, водой либо водными р-рами щелочей; IX – обработкой III 38–40,3%-ной HCl при 20 °С, нейтрализацией массы с одновременным повышением т-ры до 95 °С, промывкой, вытеснением воды ацетоном и сушкой.

Основа надмол. структуры Ц. – элементарные высокоупорядоченные фибриллы. Последние ассоциированы в агрегаты (микрофибриллы – содержат неск. сотен макромолекул; размеры в поперечном направлении от 4 до 10–20 нм), образующие матрицу, мол. структура к-рой значительно менее упорядочена, чем структура фибрилл.

Ц. – типичное аморфно-кристаллич. в-во (см. *Кристаллическое состояние полимеров*). Поэтому в Ц. в продольном направлении наряду со структурами с трехмерным дальним порядком (кристаллитами) сохраняются аморфные области. По данным электронной микроскопии, длина кристаллитов от 20–85 (гидратцеллюлозные волокна) до 65–220 нм (волокна природной Ц.). Распределение по длине и ММР – мультимодальное (см. *Молекулярно-массовое распределение*) и зависит от вида Ц. и условий ее получения. Объемное содержание в образце кристаллич. областей, или степень кристалличности, составляет соотв. в хлопковом волокне, древесной Ц. и Ц. искусств. волокон 70–83, 64–74 и 35–40%. Аморфные области Ц. неоднородны, что подтверждается множественностью изофазных температурных переходов. Развитая капиллярно-пористая структура Ц. включает: внутрифибрилярные нерегулярности упаковки (размер 1,5 нм); межфибрилярные поры (1,5–10 нм); поры, возникающие как результат внутр. напряжений (неск. десятков нм); каналы и поры диаметром неск. мкм (волокна природной Ц.).

Свойства. Ц. – белое волокнистое в-во с длиной волокон более 20 мм (текстильные волокна) и 3 мм (волокна для произ-ва бумаги и картона, хим. переработки). Плотн. 1,52–1,54 г/см³; т. разл. 210 °С; степень полимеризации n от неск. сотен до 10–14 тыс. Раств. в сравнительно ограниченном числе р-рителей – водных смесях комплексных соед. гидроксидов переходных металлов (Cu, Cd, Ni) с NH_3 и аминами, нек-рых минер. (H_2SO_4 , H_3PO_4) и орг. (трифторуксусная) к-тах, аминокислотах, нек-рых системах (напр., натрий-железосиний комплекс – аммиак – щелочь, ДМФА – N_2O_4). Медноаммиачные р-ры Ц. используют для формования гидратцеллюлозных волокон и пленок.

Хим. св-ва Ц. определяются наличием гликозидных связей между элементарными звеньями и групп OH. Гликозидная связь в Ц. неустойчива в условиях кислотного гидролиза и сольволиза. Истощающий гидролиз (до глюкозы) с послед. сбраживанием лежит в основе пром. получения этанола. При гетерог. гидролизе параметр n снижается до нек-рого постоянного значения (предельное значение степени полимеризации после гидролиза), что обусловлено завершением гидролиза аморфной фазы. При гидролизе хлопковой Ц. до предельного значения получают легкосыпучий белоснежный порошок – микрокристаллическую Ц. (степень кристалличности 70–85%; средняя длина кристаллитов 7–10 нм), при диспергировании к-рой в воде образуется тиксотропный гель. При ацетоллизе Ц. превращается в восстанавливающий дисахарид целлобиозу (ф-ла I) и ее олигомеромологи.



Термич. деструкция Ц. начинается при 150 °С и приводит к выделению низкомол. соед. (H_2 , CH_4 , CO , спирты, карбоновые к-ты, карбонильные производные и др.) и продуктов более сложного строения. Направление и степень разложения определяются типом структурной модификации, степенями кристалличности и полимеризации. Выход одного из осн. продуктов деструкции – левоглюкозана изменяется от 60–63 (хлопковая Ц.) до 4–5% по массе (вискозные волокна). При т-ре св. 300 °С происходит пиролиз с образованием продуктов карбонизации. Карбонизация и графитация III (вискозные волокна) используются при получении углеродных волокон. При облучении образца светом с длиной волны < 200 нм протекает фотохим. деструкция Ц., в результате к-рой снижается степень полимеризации, увеличиваются полидисперсность, содержание карбонильных и карбоксильных групп.

Действие на Ц. окислителей приводит гл. обр. к неизбирательному окислению спиртовых и карбонильных групп до карбоксильных, сопровождающемуся деструкцией Ц. Окисление O_2 воздуха в щелочной среде, при к-ром скорость разрушения нецеллюлозных компонентов выше скорости окисления Ц., является одним из эффективных способов отбеливания техн. Ц. На использовании окислительной деструкции в щелочной среде основана одна из стадий произ-ва вискозных волокон и простых эфиров Ц. (предозревание щелочной Ц.); как побочная эта р-ция протекает при отбеливании Ц. и ее облагораживании (см. ниже). Нек-рые окислители (периодат Na, тетраацетат Pb, N_2O_4) отличаются высокой избирательностью по отношению к гидроксильным группам у атомов C-2 и C-3; при их действии идет одновременное окисление этих групп OH с разрывом кольца и образованием диальдегида.

При взаимодействии Ц. с водными р-рами щелочей образуется щелочная Ц. – кристаллич. комплекс Ц., щелочи и воды; стехиометрич. состав и параметры кристаллич. решетки комплекса зависят от концентрации р-ра щелочи и т-ры. Обработка Ц. 18–20%-ными водными р-рами NaOH – одна из осн. стадий (мерсеризация) при произ-ве вискозных волокон.

По активности в р-циях, протекающих в щелочной среде, группы OH располагаются в ряд: $\text{OH}_{\text{C-2}} > \text{OH}_{\text{C-6}} > \text{OH}_{\text{C-3}}$. В кислой среде, где гл. фактором является стерич. доступность, наиб. реакционноспособна группа OH у атома C-6.

К наиб. важным р-циям Ц. относятся р-ции получения ее простых (карбоксиметилцеллюлоза, метилцеллюлоза, оксиметилцеллюлоза, цианэтилцеллюлоза, этилцеллюлоза и др.) и сложных (целлюлозы ацетаты, целлюлозы нитраты, а также ксантогенаты, сульфаты и др.) эфиров. При этом осн. способами перевода Ц. в растворимое или термопластичное состояние являются О-алкилирование и этерификация (см. также *Целлюлозы эфиры*). Для направленного изменения эластич. св-в материалов на основе Ц. ее обрабатывают р-рами или эмульсиями меламина, эпоксисоединений, гидроксиметильных производных карбамида, что обеспечивает придание тканям эффекта малосминаемости.

Получение. Выделение технической Ц. из растит. сырья, гл. обр. древесины, осуществляется ее варкой с разл. хим. реагентами. Под их воздействием происходит удаление из прир. материала лигнина, гемицеллюлоз и др. нецеллюлозных компонентов. Получаемые Ц. в зависимости от выхода (% от массы исходного сырья) делятся на полуцеллюлозу (60–80), Ц. высокого выхода (50–60), Ц. нормального выхода (40–50). Технол. схема произ-ва Ц. из древесины включает: распиловку сырья, удаление коры, рубку в щепу и ее сортировку, варку Ц. в щелоке, удаление отработанного щелока, очистку, сушку и резку готового продукта. Осн. методы варки Ц.: сульфатный (преим.), сульфитный, натронный, азотнокислый; кроме того, используют комбинир. методы (содово-сульфитный и содово-сульфитно-сульфатный), а также кислородно-щелочную делигнификацию древесины (см. также *Гидролизные производства, Лесохимия*).

Сульфатный метод позволяет перерабатывать древесину любых пород путем ее варки в щелоке (см. *Сульфатный щелок*), содержащем 9–10% NaOH, в течение 5–7 ч при 165–170 °С и давлении 0,6–0,8 МПа; в случае использования

Ц. для хим. переработки древесины подвергают предварит. гидролизу водой в течение 0,3–3 ч при 140–180 °С или 0,5–0,75%-ной H_2SO_4 в течение 2 ч при 120 °С. Сульфитный метод применим гл. обр. к хвойной древесине, варку к-рой осуществляют в щелоке (см. Сульфитный щелок), содержащем 5–10% общего SO_2 и 0,8–1,3% SO_2 в соед. [связан в виде гидросульфитов Na, Ca, Mg, NH_4 или смесей гидросульфитов Na и Ca, NH_4 и Ca в соотношении (3:7)–(7:3)] в течение 5–12 ч при 130–155 °С и давлении 0,5–0,8 МПа.

Натронный метод используют для получения Ц. хлопковой либо Ц. из лиственной древесины; варку проводят в щелоке, содержащем 3–10% NaOH в течение 1–6 ч при 140–170 °С и давлении 0,6–0,8 МПа. Азотнокислый метод состоит в обработке хлопковой Ц. 5–8%-ной HNO_3 в течение 1–3 ч при т-ре ок. 100 °С и атм. давлении с послед. промывкой и экстракцией разб. р-ром NaOH. Варку Ц. описанными методами осуществляют в периодических или непрерывно действующих аппаратах объемом 60–170 м³, снабженных системами подогрева и принудит. циркуляции щелоков и др. реагентов.

После варки из Ц. удаляют мех. примеси и подвергают дополнительно хим. очистке – отбеливанию и облагораживанию. Отбеливание производят окислителями (Cl_2 , ClO_2 , $NaClO$, O_2 воздуха в щелочной среде и др.). облагораживание осуществляют обработкой варочной Ц. 0,5–2%-ными или 4–10%-ными водными р-рами NaOH в течение неск. часов при т-рах от 15–25 до 95–135 °С. Мировое произ-во Ц. св. 190 млн. т в год (1990).

Ц. – горючее в-во. Т. воспл. 275 °С, т. самовоспл. 420 °С (хлопковая Ц.).

Применение. Ц. используют для изготовления разл. сортов бумаги (в т.ч. бумаги фотографической) и картона, хим. переработки на искусств. волокна (ацетатные волокна, вискозные волокна, медноаммиачные волокна), пластмассы (этролы), пленки полимерные, кино- и фотопленки, лаки и эмали, бездымный порох, моющие ср-ва и др.

Лит.: Роговин З.А., Химия целлюлозы, М., 1972; Целлюлоза и ее производные, под ред. Н. Байкля, Л. Сегала, пер. с англ., т. 1–2, М., 1974; Энциклопедия полимеров, т. 3, М., 1977, с. 853–60; Жбанков Р.Г., Козлов П.В., Физика целлюлозы и ее производных, Минск, 1983; Гордон Л.В., Скворцов С.О., Лисов В.И., Технология и оборудование лесохимических производств, 5 изд., М., 1988; Непенин Н.Н., Непенин Ю.Н., Технология целлюлозы, 2 изд., т. 1–2, М., 1976–90.

Л. С. Гальбрайт.

ЦЕЛЛЮЛОЗЫ АЦЕТАТЫ (ацетилцеллюлоза), *целлюлозы эфиры* общей ф-лы $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCOSCH_3)_x]_n$. Аморфные соед. белого цвета. Различают триацетат целлюлозы (конечный продукт ацетилирования целлюлозы, см. ниже), наз. первичным ацетатом или триацетилцеллюлозой, и продукт его частичного гидролиза, наз. вторичным ацетатом или вторичной ацетилцеллюлозой.

Степень этерификации x , или степень замещения (СЗ), изменяется в диапазоне 2,2–3,0 и определяется по содержанию связанной уксусной к-ты, кол-во к-рой составляет в триацетилцеллюлозе 60–61,5%, во вторичной ацетилцеллюлозе – 52–56% по массе. Степень полимеризации n лежит в пределах от менее 150 до 600–700 (мол. м. 25–115 тыс.).

Плотность Ц. а. (1,33–1,28 г/см³) снижается с повышением СЗ. К-даже незначит. изменением СЗ чрезвычайно чувствительна также р-римость – один из наиб. важных показателей, определяющих возможность и условия переработки Ц. а. Высокоэтерифицированные Ц. а. раств. в метиленхлориде, дихлорэтаноле, хлороформе, метилцеллюлозолье, а также в муравьиной и уксусной к-тах. Снижение СЗ позволяет расширить ассортимент р-рителей для Ц. а. и улучшить их совместимость с низкомол. пластификаторами. Так, частично омыленная триацетилцеллюлоза, кроме указанных р-рителей, раств. в сложных эфирах (метил- и этилацетате) и кетонах, напр. в ацетоне. Получены водорастворимые Ц. а., имеющие СЗ 0,5–0,6. Пром. Ц. а. не раств. в воде, этаноле, бензоле, бензине; полностью омыляется с образованием гидратцеллюлозы (см. Гидратцеллюлозные волокна) под действием конц. р-ров щелочей при комнатной т-ре и разб. р-ров (0,05–0,1 н.) при повышенной т-ре, а также при обработке минер. к-тами.

Ц. а. мало гигроскопичны (особенно триацетилцеллюлоза), светостойки, обладают хорошими физ.-мех. (волокно- и пленкообразующими) св-вами; практически негорючи (т. воспл. 295 °С, т. самовоспл. 380–430 °С). Термич. стабильность Ц. а. недостаточно высока: уже при 190–210 °С (т. размягч.) изменяется окраска материала, а при 230 °С он начинает разлагаться; для повышения стабильности добавляют, напр., дифениламин, производные фенола и гидрохинона.

Триацетилцеллюлоза м. б. получена действием на хлопковую или облагороженную древесную целлюлозу разл. этерифицирующих агентов – уксусного ангидрида, ацетилхлорида, кетена; наиб. распространен уксусный ангидрид. Состав ацетилирующей смеси (% по массе): ангидрид (38–40), катализаторы (1–2; гл. обр. минер. к-ты – H_2SO_4 , $HClO_4$), а также разбавители (58–60). Если последними служат неполярные жидкости (бензол, толуол, ксилолы, CCl_4), ацетилирование происходит в гетерог. среде; при использовании р-рителя триацетилцеллюлозы (напр., уксусной к-ты, метилхлорида) р-ция начинается в гетерог. среде, а заканчивается в гомогенной.

Перед этерификацией целлюлозу обычно активируют обработкой в 95–100%-ной уксусной к-те. Р-цию проводят в течение 2–3 ч при отношении массы смеси к массе целлюлозы 20–30, т-рах 10–15 °С (в начале процесса) и 30–50 °С (в конце). При гетерог. ацетилировании полученный продукт промывают разбавителем (к-рый затем отгоняют с водяным паром) и водой, затем сушат и отправляют на переработку. При гомог. ацетилировании образовавшуюся триацетилцеллюлозу высаживают в водный р-р в виде хлопьев, к-рые промывают и высушивают. Оба варианта реакции реализованы как в виде периодического, так и непрерывного процесса.

Вторичную ацетилцеллюлозу производят частичным омылением триацетилцеллюлозы в 85–95%-ном р-ре уксусной к-ты, содержащем в качестве катализатора H_2SO_4 (7–15% от массы целлюлозы), в течение 12–18 ч при 40–50 °С.

Ц. а. применяют в произ-ве ацетатных волокон, пленок полимерных, этролов, кино- и фотопленок, лаков, разл. мембран.

Лит.: Роговин З.А., Химия целлюлозы, М., 1972; Энциклопедия полимеров, т. 1, М., 1972, с. 238–42. См. также лит. при ст. Ацетатные волокна, Пленки полимерные, Целлюлозы эфиры, Этролы. В. Н. Кражев.

ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НИТРАТЫ (нитроцеллюлоза), сложные целлюлозы эфиры общей ф-лы $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(ONO_2)_x]_n$. Твердые волокнистые в-ва белого цвета. Степень этерификации x , или степень замещения (СЗ), изменяется в диапазоне 0–3; ее рассчитывают, исходя из содержания азота [N] (% по массе) по ф-ле: $СЗ = 3,6[N]/(31,1 - [N])$. В зависимости от СЗ различают след. осн. виды технических Ц. н.: коллоксилин (10,7–12,2% N), пироксилин № 2 (12,2–12,5% N), пироксилин № 1 (13,0–13,5% N). Степень полимеризации и Ц. н. колеблется в широких пределах: от 150 до 3500 (мол. м. 38,5–500 тыс.). Ц. н. – *брызгантные взрывчатые вещества*; осн. св-ва: теплота взрыва ок. 3600 кДж/кг; скорость детонации 7,3 км/с (при плотн. 1,2 г/см³); чувствительность к удару 5–10% (груз 2 кг, высота падения 25 см).

Плотность Ц. н. незначительно зависит от содержания N; напр., для коллоксилина, содержащего 11,8–12,2% N, плотн. 1,58–1,65 г/см³. Т-ры плавления Ц. н. лежат выше т-р разложения; водопоглощение и n_D для Ц. н., содержащих, напр., 11,8–12,2% N, составляют соотв. 2–3% и 1,51.

Р-римость Ц. н. в разл. р-рителях зависит от СЗ. Низкозамещенные нитраты (0,5–2% N) раств. при комнатной т-ре только в 6%-ном р-ре NaOH, при содержании 9–11% N – в этаноле. Ц. н., содержащие 11,0–12,7% (СЗ 2,0–2,5), раств. в кетонах, сложных эфирах (напр., этилацетате), фурфуроле, диоксане, циклогексаноне, бутилцеллюлозолье и др.; универсальным р-рителем Ц. н., содержащих 10,5–14,4% N (СЗ 1,8–3,0), служит ацетон. Ц. н. с любой СЗ не раств. в воде и неполярных р-рителях (напр., в бензоле, CCl_4). Ц. н. не устойчивы к действию к-т (разб. минер. к-ты вызывают медленную денитрацию) и щелочей (омыляют и разрушают, особенно спиртовые р-ры).

Нестабилизированные Ц. н. обладают малой атмосферостойкостью и очень низкой термич. стабильностью; в обычных условиях безводные нитраты разлагаются менее чем через 3 мес. При нагревании Ц. н. подвергаются деструкции уже при 40–60 °С, причем скорость разложения быстро возрастает с повышением т-ры и в присутствии к-т и щелочей. Термич. разложение Ц. н. – самоускоряющийся процесс, а при быстром нагревании возможны вспышка (для Ц. н., увлажненных спиртами, т. всп. 13 °С) и взрыв. Т-ра воспламенения зависит от скорости подвода теплоты: при медленном нагревании – 190 °С, при быстром – от 160–170 до 141 °С. Энергия активации термич. распада и тепловой эффект термич. разложения на воздухе Ц. н. составляют соотв. 119–142 МДж/моль и 3,15 МДж/кг. Введение стабилизаторов (напр., дифениламина) повышает атмосферостойкость Ц. н.

Для получения Ц. н. применяют облагороженную хлопковую целлюлозу. После разрыхления и сушки ее нитруют в спец. аппаратах (нитраторах) или центрифугах при 30–45 °С смесью, к-рая при произ-ве коллоксилина (пироксилинов) включает 20–25 (20–30)% HNO_3 , 55–60 (60–70)% H_2SO_4 и 18–20 (5–10)% H_2O ; отношение массы нитрующей смеси к массе целлюлозы 40–50. Чем выше содержание в смеси воды, тем ниже степень полимеризации образующихся эфиров. Максимальная СЗ (2,8) достигается при содержании в смеси 3,5–5,0% H_2O . После нитрования полученный продукт отфильтровывают от кислотной смеси, многократно промывают холодной водой, разб. р-ром соды и снова водой, затем отжимают и хранят при содержании воды 20–35%. При необходимости Ц. н. обезжиривают спиртом. Наряду с описанным периодическим известны непрерывные способы произ-ва Ц. н.

Области применения Ц. н. зависят от содержания в них азота. Коллоксилин используют в произ-вах нитроцеллюлозных пластмасс (этролов), целлулоида, нитролаков, нитроэмалей, бездымного пороха, динамита и др. ВВ, для желатинизации нитроглицерина; пироксилины – в произ-ве бездымного пороха. Осн. недостаток Ц. н. – высокая горючесть (т. воспл. и т. самовоспл. 141 °С), что ограничивает возможности их применения.

Лит.: Закощников А. П., Нитроцеллюлоза, М., 1950; Роговин З. А., Химия целлюлозы, М., 1972; Энциклопедия полимеров, т. 2, М., 1974, с. 377–80; Коваленко В. И., «Успехи химии», 1995, т. 64, № 8, с. 803–17.

В. Н. Кражев.

ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ЭФИРЫ, производные целлюлозы общей ф-лы $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_{3-x}(\text{OR})_x]_n$, где n – степень полимеризации; x – число групп OH , замещенных в одном звене макромолекулы целлюлозы (степень замещения – СЗ); R – алкил, ацил или остаток минер. к-ты. Каждое звено макромолекулы содержит 3 группы OH , к-рые способны вступать в р-ции с образованием простых и сложных эфиров; в случае смешанных Ц. э. замещающие радикалы различны.

Наиб. распространены Ц. э.: простые – карбоксиметилцеллюлоза, метилцеллюлоза, этилцеллюлоза, а также метилгидроксипропилцеллюлоза, оксипропилцеллюлоза, цианэтилцеллюлоза; сложные – целлюлозы ацетаты, целлюлозы нитраты, а также ацетилфталилцеллюлоза, ацетопропионаты, ацетобутираты и сульфаты целлюлозы. Упомянутые Ц. э. производят во мн. странах десятками и сотнями тыс. т в год.

Св-ва Ц. э. зависят гл. обр. от числа n , СЗ и типа заместителя R . Так, степень полимеризации (в среднем 150–500) значительно влияет преим. на прочностные и вязкостные св-ва Ц. э., обеспечивая их пригодность для переработки. СЗ определяет их физ.-мех. и хим. св-ва. Средняя СЗ лежит в пределах 0–3; однако чаще СЗ рассчитывают не на одно, а на 100 элементарных звеньев макромолекулы целлюлозы и обозначают γ (напр., для триацетилцеллюлозы $\gamma = 280$ –290). Регулируют СЗ изменением условий синтеза: концентрации алкилирующего или этерифицирующего агента, т-ры, продолжительности и др.

Р-имость Ц. э. зависит от содержания и соотношения заместителей и своб. групп OH . Напр., ацетат целлюлозы, имеющий СЗ 0,5–0,8 и 1,5–1,8, раств. соотв. в воде и смеси ацетон – вода (7:3); ацетат целлюлозы со СЗ 2,2–2,6 раств.

в ацетоне и метилцеллозольве, со СЗ > 2,6 – в метиленхлориде и смеси метиленхлорид – этанол (9:1). При увеличении длины цепи алкильного радикала гидрофобность Ц. э. повышается и они способны раств. в неполярных р-рителях (напр., бутил- и пропилцеллюлоза уже нерастворимы в воде и раств. в орг. р-рителях). Вообще р-римость Ц. э. в орг. р-рителях возрастает с повышением т-ры и уменьшается с увеличением мол. массы.

С увеличением в заместителе числа атомов C для всех Ц. э. уменьшаются влагопоглощение, т-ры размягчения и плавления. Сложные эфиры термически нестабильны и обладают низкой хим. стойкостью к действию к-т и щелочей. Простые эфиры устойчивы в к-тах и щелочах и выдерживают нагревание до сравнительно высоких т-р, не разлагаясь и не выделяя своб. к-т, вызывающих коррозию металлов. Сложные и нек-рые простые Ц. э. – хорошие диэлектрики.

Для произ-ва Ц. э. используют облагороженную хлопковую и древесную (сульфатную и сульфитную) целлюлозу. Выбор ее вида определяется областью применения того или иного эфира. Для повышения скорости и равномерности О-алкилирования и однородности Ц. э. независимо от способа их получения исходную целлюлозу обязательно предварительно активируют. В произ-ве простых эфиров целлюлозу обрабатывают р-ром NaOH , в результате чего она набухает и приобретает повышенную реакционную способность (щелочная целлюлоза) вследствие облегчения диффузии компонентов этерифицирующей смеси внутрь материала. В произ-ве сложных эфиров целлюлозу обрабатывают уксусной или др. к-той при повышенной т-ре в парах либо р-рами этих к-т. Обычно, чем выше т-ра активации, тем меньше ее продолжительность.

Простые Ц. э. получают в автоклавах при повышенной т-ре взаимод. щелочной целлюлозы с алкилхлоридами и (или) 3- и 4-членными гетероциклич. соед., напр. этилен- и пропиленоксидами, сульфтонами (пром. способы), диалкилсульфатами (лаб. способ), непердельными соед. с двойными связями (напр., акрилонитрил, акрилами). Так, О-алкилированием щелочной целлюлозы моноклоруксусной к-той получают Na -соль карбоксиметилцеллюлозы, диэтиламиноэтилхлоридом – диэтиламиноэтилцеллюлозу, акрилонитрилом – цианэтилцеллюлозу, этилен- и пропиленоксидами – гидроксипропилцеллюлозу. Образование простых эфиров катализируется основаниями и всегда сопровождается побочными р-циями.

Сложные Ц. э. в пром-сти получают:

1. Этерификацией целлюлозы кислородсодержащими неорг. и карбоновыми (напр., HCOOH) к-тами. Этим способом получают нитраты, сульфаты и форматы целлюлозы. Этерификация ее H_3PO_4 в смеси с мочевиной дает фосфаты целлюлозы. Вследствие обратимости р-ции применяют конц. к-ты и водоотнимающие добавки.

2. Действием на целлюлозу преим. ангидридов к-т в среде орг. р-рителей или разбавителей в присут. катализаторов (в осн. минер. к-т). Таким способом получают эфиры на основе карбоновых к-т жирного ряда C_2 – C_4 (напр., ацетаты целлюлозы). Действием смесей ангидридов разл. к-т или к-ты и ангидрида др. к-ты производят смешанные Ц. э. (напр., ацетопропионаты и ацетобутираты целлюлозы).

Лаб. способы получения сложных эфиров: действие на целлюлозу изоцианатов (Ц. э. карбаминовой к-ты – замещенные уретаны, карбанилаты целлюлозы); перэтерификация (бораты, фосфаты, стеарат целлюлозы). При синтезе Ц. э. в кислой среде побочные продукты почти не образуются.

Области применения сложных, а также простых и смешанных Ц. э. весьма разнообразны. Осн. направления использования: произ-во искусств. волокон (см. *Ацетатные волокна, Вискозные волокна, Гидратцеллюлозные волокна, Медноаммиачные волокна*); эфирцеллюлозных пластмасс (см. *Этролы*); разл. пленок, полупроницаемых мембран (см. *Пленки полимерные, Фотографические материалы*); лакокрасочных материалов (см. *Грунтовки, Лакокрасочные покрытия, Шпатлевки, Эфирцеллюлозные лаки*). Ц. э. применяют также как загустители, пластификаторы и стабилизаторы глинистых

р-ров для буровых скважин, асбо- и гипсоцементных шпугатурных смесей, обмазочных масс для сварных электродов, водоземлемых красок, красителей (при печати по тканям), зубных паст, парфюмерно-косметич. ср-в, водно-жировых фармацевтич. составов, пищ. продуктов (напр., соков, муссов); связующие в литейных произ-вах; эмульгаторы при полимеризации; ресорбенты загрязнений в синтетич. моющих ср-вах; флотореагенты при обогащении разл. руд; текстильно-вспомогат. в-ва (напр., аппретирующие и шлихтующие); компоненты клеевых композиций и др.

Лит.: Роговин З.А., Химия целлюлозы, М., 1972; Целлюлоза и ее производные, под ред. Н. Байкзла, Л. Сегала, пер. с англ., т. 1-2, М., 1974; Бытский В.Я., Кузнецова Е.П., Производные эфиров целлюлозы, Л., 1974; Энциклопедия полимеров, т. 3, М., 1977, с. 859-67. В.Н. Кражев.

ЦЕМЕНТАЦИЯ, 1) в гидрометаллургии – извлечение металла путем вытеснения из р-ра его соли другим металлом (цементатором), имеющим более отрицательный стандартный потенциал. Это электрохим. процесс, иногда его наз. внутр. электролизом. Т.к. с понижением концентрации катионов металла в р-ре потенциал металла становится более отрицательным, вытеснение из р-ра происходит только вплоть до какой-то миним. концентрации, когда потенциалы вытесняемого и вытесняющего металлов сравниваются. Но такая равновесная концентрация часто не достигается вследствие кинетич. затруднений, в частности явлений поляризации. Для осуществления Ц. необходимо, чтобы разность потенциалов превышала $\sim 0,2$ В.

Часто Ц. ведут на порошкообразных металлах, хотя в этом случае полученный продукт содержит большой избыток металла-цементатора. Этого недостатка лишена Ц. на листах. Полученная металлич. губка далее обычно переплавляется.

Кроме основной р-ции вытеснения в процессе Ц. могут наблюдаться побочные р-ции – выделение H_2 , а также окисление и обратное растворение выделившегося металла, что ведет к увеличению расхода цементирующего металла.

Обычно для Ц. используют такие доступные активные металлы, как Zn, Al, Fe. Нередко применяют сплавы, чаще всего это твердые р-ры на основе осаждающего металла, что позволяет тонко регулировать стандартный потенциал. Иногда в качестве добавок вводят примеси, играющие роль деполаризаторов (напр., добавка Sb при очистке цинковых р-ров от Co). Разновидность Ц. – выделение металлов из р-ров с помощью амальгам, напр. амальгамы Zn или амальгамы Na. Для выделения Ga из щелочных алюминатных р-ров используют р-р Al в жидком галлии (галлама).

Ц. применяют в гидрометаллургии как для очистки р-ров от примесей (напр., р-ров $ZnSO_4$ от примесей Cu, Cd и т.п. или р-ров $NiSO_4$ от Cu), так и для выделения основного металла из р-ра (напр., выделение Au из цианидных р-ров цинком или получение металлич. In Ц. на алюминии). При очистке р-ров в качестве цементатора, естественно, выбирают основную металл.

2) Ц. – разновидность химико-термической обработки металлов, а именно науглероживание пов-сти стальных изделий для увеличения их твердости и стойкости против истирания. Производится нагреванием изделий с угольным порошком и добавками карбонатов (Na, Ba, Ca и др.) при 900–930 °C, обработкой светильным газом (содержащим CO, H_2 , CH_4 и др.) или действием расплава солей, напр. смеси $NaCN + Na_2CO_3 + NaCl$ (цианирование).

Лит.: Алякоз М.И., Процессы цементации в цветной металлургии, М., 1981; Бухман С.П., Цементация амальгамами металлов, А.-А., 1986.

П.И. Федоров.

ЦЕМЕНТЫ, порошкообразные минер. вяжущие материалы, образующие при взаимодействии с водой или водными р-рами солей пластичную массу, превращающуюся со временем в твердое камневидное тело; осн. строит. материал.

Наиб. распространение получил т. наз. портландцемент (от назв. Г. Портленд в Великобритании), содержащий пл. обр. высокоосновные силикаты кальция. Хим. состав портландцемента (без добавок), в % по массе: 62–76% CaO, 20–23% SiO_2 , 4–7% Al_2O_3 , 2–5% Fe_2O_3 , 1–5% MgO; минералогич. состав, в % по массе: твердые р-ры на основе $3CaO \cdot SiO_2$, или Ca_3SiO_5

(алкит, 45–65%), $2CaO \cdot SiO_2$, или Ca_2SiO_4 (белит, 15–30%), алюминат кальция $3CaO \cdot Al_2O_3$ (3–14%), алюмоферрат(III) кальция $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ (10–18%). Известны отличающиеся составом и назначением разл. виды портландцемента, напр. высокопрочный, быстротвердеющий, гидрофобный и др., его смеси с гранулированным шлаком (шлакопортландцемент) и горн. породами – пуццоланами – трепелом, туфом, пемзой (пуццолановый портландцемент). Другие распространенные виды Ц. – глиноземистый, гипсоглиноземистый расширяющийся (табл. 1).

Получение. Сырьем для получения Ц. служат прир. материалы (известковые, глинистые, мергелистые, гипсовые, глиноземистые породы) и пром. отходы (металлургич. и топливные шлаки, золы от сжигания углей, белитовый шлак, отходы от переработки нефелиновых пород и др.).

Произ-во Ц. включает приготовление сырьевой смеси (дробление исходных материалов, их тонкий помол, перемешивание, корректировка хим. состава смеси), обжиг сырьевой смеси, тонкий помол обожженного продукта (клинкера) до порошкообразного состояния вместе с небольшим кол-вом гипса, активными (шлак, зола, пемза) и неактивными при взаимодействии с водой (кварц, карбонатные породы) минер. добавками и др. в-вами, придающими Ц. нужные св-ва (напр., пластификаторы, гидрофобные добавки).

В зависимости от метода приготовления сырьевой смеси различают сухой, мокрый и комбинир. способы произ-ва. При сухом способе сырье (известняк и глина) в процессе дробления и помола в мельницах высушивается и превращается в сырьевую муку, после чего мука поступает на обжиг. При мокром способе помол сырьевых компонентов осуществляют в мельницах в присут. воды, к-рую вводят для понижения твердости, интенсификации процесса помола и уменьшения удельного расхода энергии. Влажность сырьевой смеси (шлама), поступающего на обжиг, при мокром помоле составляет 34–43% по массе; для снижения влажности шлама к сырьевой смеси добавляют сульфитно-дрожжевую бражку, триполифосфат Na или ПАВ. При комбинированном способе сырьевая смесь готовится по предыдущей схеме, затем обезвоживается на вакуум-фильтрах или вакуум-прессах, формируется в гранулы и поступает на обжиг.

Обжиг сырьевой смеси осуществляют при 1450 °C во вращающихся (редко шахтных) печах, представляющих собой наклонный стальной цилиндр, в загрузочную часть к-рого подается сырьевая смесь, а со стороны выгрузки (головки) печи через форсунку – топливо (см. Печи). Сырьевая смесь движется по направлению к головке печи, подвергаясь действию нагретых топочных газов. Вращающуюся печь условно разделяют на неск. технол. зон. В зоне сушки под действием отходящих топочных газов сырьевая смесь подсушивается, в зоне подогрева нагревается до 500–600 °C и переходит в зону кальцинирования (900–1200 °C), в к-рой происходит разложение $CaCO_3$. Получающийся CaO в твердом состоянии взаимодействует с составными частями глины и железистого компонента с образованием в экзотермич. зоне $2CaO \cdot SiO_2$, $5CaO \cdot 3Al_2O_3$, $3CaO \cdot Al_2O_3$, $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$, $2CaO \cdot Fe_2O_3$, а также CaO, MgO и др. оксидов.

В зоне спекания при т-ре 1450 °C обжигаемый материал (клинкер) частично плавится; в этой зоне образуется главный минерал клинкера $3CaO \cdot SiO_2$. При дальнейшем прохождении по печи клинкер попадает в зону охлаждения (т-ра 1000–1200 °C). Холодный клинкер дробят и тонко измельчают вместе с гипсом и др. добавками в барабанных шаровых мельницах, а затем транспортируют в железобетонные цилиндрич. емкости – т. наз. цементные силосы.

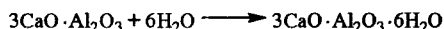
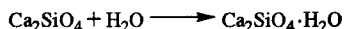
Свойства. При взаимодействии Ц. с водой – гидратации, затворении – первоначально образуется пластичное цементное тесто, к-рое со временем на воздухе или в воде уплотняется, теряет пластичность и превращается в т. наз. цементный камень. Безводные минералы клинкера превращаются при этом в соответствующие гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроферраты(III) Ca, напр.:



Табл. 1. — ОСНОВНЫЕ ЦЕМЕНТЫ

Название	Вещественный состав, % по массе	Минералогич. состав клинкера, % по массе	Особые свойства	Области применения
Портландцемент				
Обычный	Клинкер (80), гипс (1,5–3,5), минер. добавки (до 20)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (45–67) $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (13–35) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (2–12) $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (8–16)	—	Монолитный бетон для зданий и сооружений, сборные железобетонные конструкции, дорожное строительство, наружные части гидротехн. сооружений, строг. растворы
Быстротвердеющий	Клинкер (90), гипс (1,5–3,5), активная минер. добавка (до 10)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ } (до 65) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ } $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ } (до 33) $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ }	Более быстрое твердение в течение 3 сут и более тонкий помол, чем у обычного портландцемента	Сборные железобетонные конструкции, скоростное строительство
Сульфатостойкий	Клинкер (до 96), гипс (до 3,5)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (до 50) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (5) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \times \times \text{Fe}_2\text{O}_3$ (до 22)	Повышенная стойкость к действию сульфатов, высокая морозостойкость	Для сооружений, находящихся под действием сульфатов или в условиях замораживания и оттаивания, увлажнения и высыхания
Высокопрочный	Клинкер (90), гипс (1,5–3,0)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (до 70) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (6–8)	Повышенная прочность	Для конструкций, находящихся под нагрузкой
Гидрофобный	Клинкер (до 90)*, гидрофобная добавка (0,05)	Тот же, что у портландцемента	Повышенные пластичность и морозостойкость	Те же, что у обычного и пластифицир. портландцементов; возможность длит. хранения цемента
Пластифицированный	Клинкер (до 90)**, пластифицирующая добавка (0,15–0,25)	»	То же	Для сооружений, нуждающихся в повышенной морозостойкости; для экономии цемента или бетонной смеси
Тампонажный	Клинкер (до 90), активная минер. добавка (до 25), инертная добавка (до 10), шлак (до 15), песок (до 10), пластифицирующая добавка (0,15)	»	Быстрое твердение и медленное схватывание	Тампонирующие нефтяных и газовых скважин
Декоративный	Клинкер (до 80–85), диатомит (6), инертная минер. добавка (до 10) или минер. пигмент (до 15)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (45–50) $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (23–37) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (до 15) $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (до 2)	Имеет белый цвет или окрашен в разл. цвета	Отделка зданий и сооружений, скульптурные работы
Напрягающий	Клинкер (до 85), высокоглиноземистый шлак (15–20), гипс (до 10)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$	Быстрое твердение и быстрое схватывание; расширяется при твердении более чем на 0,5%	Напорные железобетонные трубы, тонкостенные изделия
Пуццолановый сульфатостойкий	Клинкер (до 60), добавки вулканич. (24–40) или осадочного происхождения, гипс (до 3,5)	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (до 8) $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	Повышенная стойкость к действию сульфатов	Подводные и подземные сооружения в условиях постоянного воздействия агрессивных (сульфатных) вод
Шлакопортландцемент	Клинкер (40–70), гранулир. диатомитовый шлак (30–60), гипс (до 3,5)	Тот же, что у портландцемента	Замедленный рост прочности в нач. период твердения, пониженная морозостойкость, повышенная сульфатостойкость	Эффективен для сборного железобетона, изготовляемого с тепловлажностной обработкой
Прочие цементы				
Глиноземистый***	Глиноземистый шлак (до 99), добавки (до 1)	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ Fe_2O_3	Быстрое твердение при нормальной и повышенной т-рах, высокая стойкость к действию минер. в-в; потеря прочности (до 60%) через 15–20 лет	Срочные аварийные и восстановит. работы; сооружения, подвергающиеся действию вод или O_2 ; получение жаростойких бетонов и р-ров. Не применяется в условиях повыш. т-ры и влажности
Гипсоглиноземистый расширяющийся	Глиноземистый шлак (до 70), гипс двухводный (до 30), сульфатно-спиртовая барда, бура (до 10)	То же	Расширение при твердении в воде (через 1 сут 0,15%, через 28 сут 0,3–1%), быстрое твердение; водонепроницаемы	Водонепроницаемые бетоны и р-ры, заделка стыков, ремонтные работы, тампонирующие нефтяных и газовых скважин

*Гидрофобные добавки — мылонафт, олеиновая к-та, иногда триэтаноламин. **Пластифицирующая добавка — лигносульфонаты. ***При содержании 40–48% Al_2O_3 наз. обычным глиноземистым, при содержании 60–72% Al_2O_3 — высокоглиноземистым (талломом), при более 72% Al_2O_3 — особо чистым высокоглиноземистым.



Образовавшийся $\text{Ca}(\text{OH})_2$ под действием CO_2 воздуха постепенно превращается в CaCO_3 , гидроалюминаты Ca с гипсом в присут. воды дают двойные основные сульфаты, напр. $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ca}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. При получении бетона образовавшийся $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с CO_2 воздуха и SiO_2 превращается в очень прочную массу, состоящую из карбонатов и силикатов Ca.

Существуют две осн. теории механизма гидратации Ц.: согласно одной из них, гидратация идет в р-ре, из к-рого выпадают образующиеся гидраты, согласно второй — вода присоединяется к твердому в-ву. Гидратные новообразования

совместно с первоначальными частицами создают рыхлую коагуляц. структуру, в к-рой протекают процессы кристаллизации гидратов. При этом образуются кристаллич. сростки, пронизывающие структуру и вызывающие уплотнение цементного теста (с х в а т ы в а н и е). Началом схватывания считается начало процесса потери пластичности, концом — переход в плотное (хотя и непрочное) состояние. Нарастание прочности при твердении определяется медленной кристаллизацией гидратных составляющих цементного камня.

По прочности Ц. делится на марки, к-рые определяются пл. обр. пределом прочности при сжатии половинок образцов-призм размером $40 \times 40 \times 160$ мм, изготовленных из цементного р-ра состава 1:3 (по массе) с кварцевым песком (срок твердения образцов в воде 28 сут с момента изготовле-

ния). Марки выражаются цифрами 300–600 (как правило, через 100), обозначающими прочность при сжатии соотв. в 30–60 МПа (табл. 2).

Табл. 2. – ПРОЧНОСТЬ НЕКОТОРЫХ МАРОК ЦЕМЕНТОВ

Цемент	Марка	Прочность, МПа			
		при сжатии		при изгибе	
		3 сут	28 сут	3 сут	28 сут
Портландцемент быстротвердеющий	400	—	40	—	5,5
	400	25	40	4	5,5
	500	28	50	4,5	6,0
высокопрочный	550	—	55	—	6,2
	600	—	60	—	6,5
сульфатостойкий	400	—	40	—	5,5
	500	—	50	—	6,0
	—	—	40	—	5,5
декоративный (белый)	400	—	40	—	6,0
	500	—	50	—	6,0
напрягающий	НЦ-10	15	50	—	6,0
	НЦ-20	15	50	—	6,0
	НЦ-40	—	40	—	5,5
Глиноземистый цемент	400	25	40	—	5,5
	500	28	50	4,5	6,0

Лит.: Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В., Химическая технология вяжущих материалов, М., 1980; Кузнецова Т.В., Аллюминатные и сульфаллюминатные цементы, М., 1986; Taylor H.F.W., Cement chemistry, L., 1990.

ЦЕНТРАЛИТЫ, см. Баллиститы.

ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ, разделение в поле центробежных сил жидких дисперсных систем с частицами размером более 100 нм. Используют для выделения составляющих фаз (жидкая – фугат или фильтрат, твердая – осадок) из двухкомпонентных (суспензий, эмульсий) и трехкомпонентных (эмульсий, содержащие твердую фазу) систем.

Методы и аппаратура. Различают два метода Ц.: центробежное осаждение и фильтрование. Ц. проводят в центробежных машинах – центрифугах и жидкостных центробежных сепараторах. Осн. рабочий орган этих машин – осесимметричная оболочка, или ротор (барaban), вращающийся с большой частотой $\omega_{рт}$ с⁻¹, благодаря чему создается поле центробежных сил до $2 \cdot 10^4 g$ в промышленных и до $35 \cdot 10^4 g$ в лабораторных машинах (g – ускорение своб. падения в гравитац. поле). В зависимости от метода Ц. осуществляется в сплошных (осадительных; рис. 1, а) или перфорированных (покрытых фильтрующим материалом; рис. 1, б) роторах.

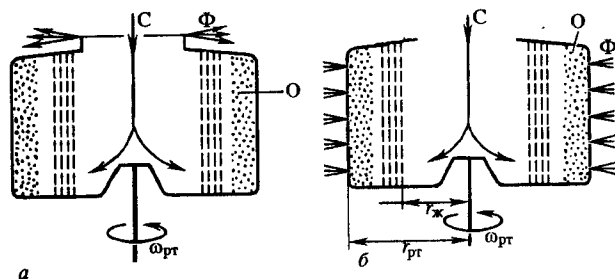


Рис. 1. Ротаторы машин для центробежного осаждения (а) и фильтрования (б): С – суспензия, Ф – фугат (фильтрат), О – осадок; пояснение в тексте, $r_{ж}$ – радиус свободной поверхности жидкости.

Ц. характеризуется рядом технол. параметров, определяющих качество процесса и его кинетику. К ним относятся: фактор разделения $Fr = \omega_{рт}^2 r_{рт} / g$ ($r_{рт}$ – макс. внутр. радиус ротора), отражающий интенсивность центробежного поля; скорость Ц. – производительность центробежной машины по исходной жидкой системе или составляющим ее компонентам; унос – содержание твердой фазы в фугате (фильтрате); насыщенность осадка жидкой фазой (в т. ч. влажность осадка)

после Ц.; крупность разделения – миним. размер частиц, улавливаемых при центробежном осаждении.

Кинетика Ц. зависит от мн. факторов, классифицируемых на две группы. Факторы первой группы определяются физ.-хим. св-вами разделяемой системы (разность плотностей фаз, гранулометрич. состав твердой фазы, вязкость жидкой фазы, уд. сопротивление осадка при фильтровании). Факторы второй группы, обусловленные конструкцией и частотой вращения ротора центробежной машины (структура внутри-роторного потока, его гидродинамика и поле скоростей), оказывают решающее влияние на центробежное осаждение и отчасти на центробежное фильтрование; в свою очередь гидродинамич. режим зависит от производительности машины. Мат. описание потока дается ур-ниями Навье – Стокса и неразрывности (см. Гидромеханические процессы), к-рые составляются с учетом геометрии ротора и граничных условий; решение зачастую находится методами подобия теорий.

Центробежное осаждение включает осветление, ступление, а также осадительное Ц. Осветление – удаление твердой фазы из суспензий с содержанием частиц не более 5% по объему; используют для очистки, напр., нефтяных масел. Ступление – процесс, при к-ром частицы дисперсной фазы группируются в относительно малом объеме дисперсионной среды; позволяет осуществлять концентрирование суспензий (напр., водная суспензия каолина). Осадительное Ц. – разделение суспензий с содержанием твердой фазы более 5–10% по объему; применяют преим. для обезвоживания твердых компонентов (напр., $CaSO_4$).

При центробежном осаждении движение твердых частиц происходит под действием центробежной силы $\frac{1}{2} \rho_{ж} \Delta \rho \omega_{рт}^2 r$ (d – диаметр частицы; $\Delta \rho$ – разность плотностей твердой и жидкой фаз; r – расстояние от частицы до оси вращения ротора) и силы сопротивления жидкой среды S . Соотношение этих сил определяет скорость осаждения w . При ламинарном режиме, характерном для осветления, сила S выражается законом Стокса: $S = 3\pi \eta d w$ и $w = (\Delta \rho d^2 \omega_{рт}^2) / 18\mu$, где μ – динамич. вязкость жидкой фазы. Для турбулентного режима при осаждении крупных частиц высококонцентрир. суспензий сила S находится из ур-ния: $S = 0,25 \zeta \pi d^2 \rho_{ж} w^2$ (ζ – коэф. лобового сопротивления; $\rho_{ж}$ – плотность жидкой фазы). Гидродинамика потока определяет время пребывания частиц в роторе, а w – время осаждения; сопоставление этих величин позволяет найти крупность разделения.

Центробежное фильтрование происходит с образованием или без образования осадка на фильтровальной перегородке, а также при одновременном протекании в ее зонах обоих процессов; наиб. эффективно для получения осадков с миним. влажностью. Процесс принято делить на три периода: образование осадка, удаление из него избыточной жидкости и удаление жидкости, удерживаемой межмол. силами (мех. сушка осадка). Первый период охватывает центробежное осаждение и фильтрование через слой образовавшегося осадка. Для расчета кинетики процесса используют закон Дарси – Вейсбаха; движущая сила (перепад давления Δp) определяется центробежным полем, действующим на суспензию: $\Delta p = 0,5 \rho_{ср} \omega_{рт}^2 (r_{рт}^2 - r_{ж}^2)$, где $\rho_{ср}$ – плотность суспензии; $r_{ж}$ – радиус своб. пов-сти жидкости (рис. 1, б). На Δp оказывает влияние проскальзывание жидкости над слоем осадка. Период может протекать при разл. режимах; наиб. характерны режимы при постоянных Δp и производительности по суспензии. Второй и третий периоды зависят от большого числа факторов, связанных с уплотнением осадка, формой его поровых каналов и др.; построение их мат. моделей крайне затруднено.

Из-за сложности Ц. производительность центробежных машин оценивают чаще всего путем моделирования по т. наз. индексу производительности $\Sigma_d \approx F Fr$, подразумеваемая под F в первом приближении площадь боковой пов-сти ротора. Физ. смысл Σ_d заключается в том, что по аналогии с осаждением в отстойниках производительность центрифуг также пропорциональна площади рабочей пов-сти, однако за счет центробежного поля увеличивается на фактор Fr . В зависимости от

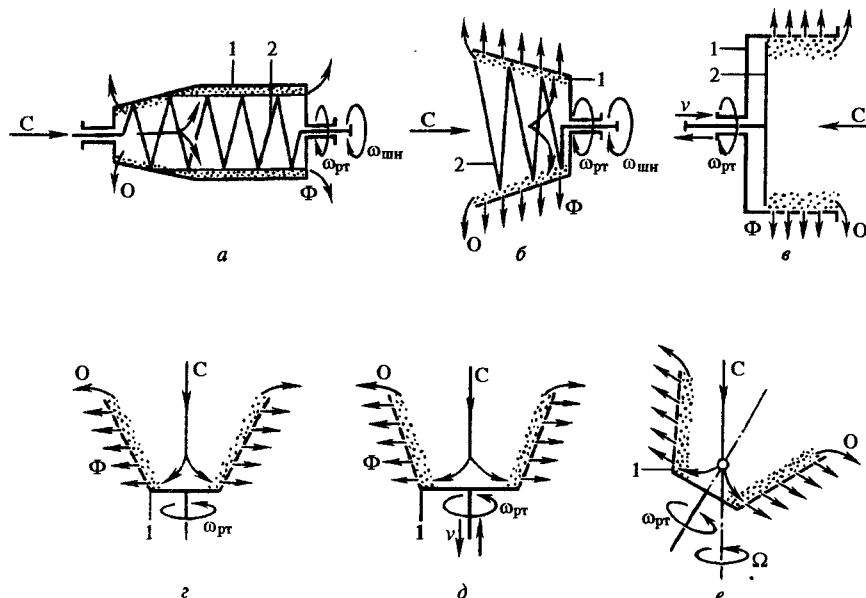


Рис. 2. Центрифуги непрерывного действия: а – осадительная шнековая; б – фильтрующая шнековая; в – с пульсирующей выгрузкой осадка; г – инерционная; д – вибрационная; е – прецессионная; 1 – ротор; 2 – механизм выгрузки.

конструктивных особенностей ротора Σ_d для машин каждого типа определяется своим ур-нием и используется при перерасчете производительности с одного типоразмера центрифуги на иной. Моделирование осуществляется при геом. подобии роторов и идентичности определяющих критериев процесса.

По сравнению с др. методами разделения (отстаивание, фильтрование) Ц. позволяет получать осадки с меньшей влажностью. При центробежном осаждении в отличие от фильтрования удается разделять суспензии (напр., в произ-вах лакокрасочных материалов) с тонкодисперсной твердой фазой, миним. размер частиц к-рой составляет 5–10 мкм. Важное достоинство Ц. – возможность его проведения в аппаратуре относительно малых объемов; недостаток – высокая энергоемкость.

Пром. центрифуги различают: по принципу разделения – осадительные, фильтрующие и комбинированные; по конструктивному исполнению – преим. по расположению ротора и системе выгрузки осадка (шнек; толкатель, или поршень; с использованием сил инерции); по организации процесса – периодического или непрерывного действия.

Ц. в машинах периодич. действия осуществляется циклически в роторах с иногда регулируемой $\omega_{рт}$, ножевой или ручной выгрузкой осадка.

На рис. 2 представлены принципиальные схемы разделения суспензий в машинах непрерывного действия. Осадительные шнековые центрифуги (рис. 2, а) предназначены для разделения суспензий с нерастворимой твердой фазой (напр., полиэтилен, полистирол, осадки сточных вод), обезвоживания кристаллич. и зернистых продуктов, классификации (напр., TiO_2), сгущения (напр., активный ил). Процесс происходит в сплошном роторе; осадок непрерывно выгружается шнеком, вращающимся с частотой $\omega_{шн}$. Для этих центрифуг $Fg \approx 600\text{--}3500$.

Фильтрующие шнековые центрифуги (рис. 2, б) распространены при разделении высококонцентрир. суспензий с крупнозернистой твердой фазой (размер частиц более 0,2 мм, напр. глауберова соль). Ц. производится в каркасном роторе с листовым ситом, через к-рое отводится фильтрат. Осадок выводится из ротора шнеком под действием разности частот вращения $\omega_{рт} - \omega_{шн}$. Высокие значения Fg (1200–1800) позволяют получать продукты с миним. влажностью.

Фильтрующие центрифуги с пульсирующей выгрузкой осадка (рис. 2, в) применяют в осн. для тех же целей, что и фильтрующие шнековые. Благодаря наличию толстого слоя осадка на колосниковом сите одно- или многокаскадного ротора удается осуществлять глубокую промывку продукта (напр., KCl , сахар-рафинад). Осадок выгружают посредством толкателя, совершающего возвратно-поступат. движение с линейной скоростью v ; $Fg \approx 300\text{--}700$.

В инерционных центрифугах (рис. 2, г) осадок из ротора удаляется за счет составляющей центробежного поля; в вибрационных центрифугах (рис. 2, д) – благодаря вибрации ротора вдоль оси со скоростью v ; в прецессионных центрифугах (рис. 2, е) – вследствие гироскопич. движения ротора с частотами вращения $\omega_{рт}$ и Ω . Машины всех типов используют для центробежного фильтрования высококонцентрир. суспензий с крупнокристаллич. твердой фазой (напр., минеральные удобрения, уголь гидродобычи, сахарный песок).

Разновидность Ц. – разделение суспензий и эмульсий в центробежных сепараторах. Их роторы снабжены пакетом конич. тарелок, установленных по отношению друг к другу с небольшим зазором (0,4–1,5 мм). Высокая степень разделения достигается благодаря его протеканию в тонком слое межтарелочного зазора при ламинарном режиме. Тонкодисперсные суспензии (присадки к маслам, гормональные препараты, антибиотики и др.), содержащие 0,5–4,0% по объему мех. примесей, осветляются в сепараторах-очистителях (рис. 3, а). Твердая фаза, собираясь в шламовом пространстве ротора, периодически удаляется из него при открытии днища (поршня). Центробежное сгущение (напр., кормовые и пекарские дрожжи) производится в сепараторах-сгустителях (рис. 3, б). Сгущенная фракция непрерывно выводится через сопла по периферии ротора, а осветленная – через верх. зону. Для разделения эмульсий (напр., нефтяные шламы, эпоксидные смолы) применяют сепараторы-разделители (рис. 4), в роторах к-рых предусмотрен пакет тарелок с отверстиями, расположенными на границе раздела тяжелой и легкой жидкостей; компоненты (фугаты Φ_1 и Φ_2) выводятся раздельно. При наличии в эмульсии твердой фазы используют универсальные роторы с выгрузкой осадка в соответствии с рис. 3, а или вручную.

По аналогии с центрифугами разделяющая способность сепараторов оценивается индексом производительности $\Sigma_c = (2\pi/3g)z\omega_{рт}^2 \text{ctg} \alpha (R_{\text{макс}}^3 - R_{\text{мин}}^3)$, где z – число тарелок в

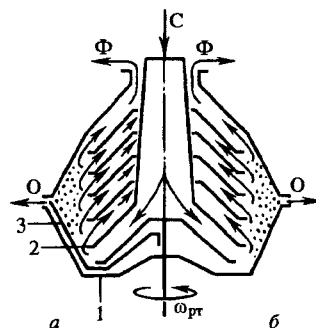


Рис. 3. Сепараторы для разделения суспензий: а – сепаратор-очиститель; б – сепаратор-сгуститель; 1 – ротор; 2 – пакет тарелок; 3 – подвижное днище.

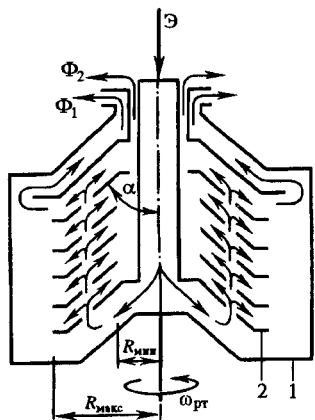


Рис. 4. Сепаратор для разделения эмульсий: 1 – ротор; 2 – пакет тарелок; Φ_1 и Φ_2 – фугаты; Э – эмульсия.

пакете; α – половина угла конуса тарелки при вершине; $R_{нар}$, $R_{вн}$ – наружный и внутр. радиусы тарелки. Моделирование процессов в сепараторах осуществляется, как и в центрифугах, по индексу производительности Σ_c .

Для изучения центрифугальных процессов в лаборатории используют модели пром. центрифуг и сепараторов с диаметром ротора 150–250 мм, а также т. наз. стаканчиковые центрифуги (ротор состоит из ряда пробирок – стаканчиков). Эти малогабаритные образцы позволяют экспериментально определять не только производительность пром. машин, но и возможность выгрузки осадков из роторов, конечную влажность продукта, унос. Исследования проводятся с небольшими объемами продуктов на спец. стендах. Стаканчиковые центрифуги используют для оценки времени осаждения частиц при разл. Γ .

Совр. центрифугальная техника имеет тенденцию к росту частот вращения роторов, повышению производительности, снижению уд. металло- и энергоемкости. Производительность машин возрастает благодаря совершенствованию гидродинамики роторов, увеличению их длины (в осадительных центрифугах) и высоты пакета (в сепараторах). Возрастают диаметры роторов в крупнотоннажных машинах; создаются комбинир. роторы, в конструкциях к-рых совмещаются разл. методы Ц. Внедряются микропроцессорные системы управления и регулируемые приводы, обеспечивающие Ц. в оптим. режимах.

Ц. широко распространено в технол. процессах хим.-лесного комплекса, пищевых, текстильных и др. произ-вах. Ц. играет важную роль в решении экологич. проблем (очистка коммунальных и пром. стоков), в ресурсосберегающих технологиях.

Лит.: Соколов В.И., Центрифугирование, М., 1976; Шкоропад Д.Е., Новиков О.П., Центрифуги и сепараторы для химических производств, М., 1987. И.А. Файнерман.

Ультрацентрифугирование – метод разделения и исследования частиц размером менее 100 нм (макромолекул, оргanelл животных и растит. клеток, вирусов и др.) в поле центробежных сил. Позволяет разделять смеси частиц на фракции или индивидуальные компоненты, находить мол. массу и ММР полимеров, плотность их солятов. Дает возможность оценивать форму и размеры макромолекул в р-ре (см. *Дисперсионный анализ*), влияние статич. давления на стабильность частиц, параметры взаимод. типа ассоциация – диссоциация макромолекул друг с другом или с молекулами низкомолекулярных компонентов и ионами, влияние природы р-рителя на конформации макромолекул и др.

Осуществляется с помощью ультрацентрифуг, снабженных полыми роторами, полости к-рых бывают замкнутыми и проточными. Различают скоростное и равновесное ультрацентрифугирование. В первом случае частицы движутся по радиусу ротора соотв. своим коэф. седиментации, в

первом приближении пропорциональным массе частицы, разности плотностей частицы ρ_n и жидкости ρ_j ; при $\rho_n > \rho_j$ частицы перемещаются от оси вращения ротора к периферии (седиментируют), при $\rho_n < \rho_j$ – в сторону, оси вращения (флотируют). При равновесном ультрацентрифугировании перенос частиц по радиусу продолжается до тех пор, пока сумма хим. потенциала и молярной потенциальной энергии в каждой точке системы не станет постоянной величиной, после чего распределение частиц перестанет изменяться.

Т. наз. аналит. ультрацентрифугирование применяется при анализе р-ров, дисперсий и производится посредством аналит. ультрацентрифуг, снабженных роторами с оптически прозрачными замкнутыми резервуарами и оптич. системами для определения концентрации или ее градиента по радиусу ротора во времени; исследуемые объемы – от 0,01 до 2 мл при массе частиц от неск. мкг до мг. Препаративное ультрацентрифугирование используют для выделения компонентов из сложных смесей; объем жидкости и масса исследуемого образца м.б. на неск. порядков больше, чем при аналит. ультрацентрифугировании. Центробежные ускорения в ультрацентрифугах достигают $5 \cdot 10^5 g$. Первая аналит. ультрацентрифуга была создана Т. Сведбергом (1923; $5 \cdot 10^3 g$).

Лит.: Боуэи Т., Введение в ультрацентрифугирование, пер. с англ., М., 1973. А.Д. Морозкин.

ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ФОРМОВАНИЕ ПОЛИМЕРОВ, см. *Полимерных материалов переработка*.

ЦЕНТРЫ ОКРАСКИ, дефекты кристаллич. решетки, поглощающие свет в спектральной области, в к-рой собств. поглощение кристалла отсутствует. Первоначально термин «Ц. о.» относился только к т. наз. *F*-центрам, обнаруженным впервые в 30-х гг. 20 в. в кристаллах галогенидов щелочных металлов и представляющим собой анионные вакансии, захватившие электрон. В дальнейшем под Ц. о. стали понимать любые точечные дефекты кристаллич. решетки, поглощающие свет вне области собств. поглощения кристалла; – катионные и анионные вакансии, междоузельные ионы (собственно Ц. о.), а также примесные атомы и ионы (примесные Ц. о.). Ц. о. обнаруживаются во многих неорг. кристаллах и стеклах, а также в природных минералах.

Ц. о. могут быть разрушены при нагре (термич. обесцвечивание) или воздействии света, соответствующего спектральной области поглощения самих Ц. о. (оптич. обесцвечивание). Под действием тепла или света один из носителей заряда, напр. электрон, освобождается из захватившего его дефекта и рекомбинирует с дыркой. В кристаллах галогенидов щелочных металлов *F*-центр обуславливает селективную полосу поглощения колоколообразного вида, обычно в видимой области спектра, смещающуюся для кристаллов с одинаковыми анионами (катионами) и разными катионами (анионами) в сторону длинных волн при увеличении ат. м. катиона (аниона). Напр., в NaCl *F*-полоса имеет максимум поглощения в синей области спектра (λ 465 нм) и цвет кристалла – желто-коричневый, в KCl – в желто-зеленой области (λ 563 нм) и кристалл выглядит фиолетовым.

Примесные атомы и ионы также могут захватывать электрон или дырку, в результате чего изменяют полосу поглощения кристалла и его окраску. Ц. о., будучи центрами захвата электронов и дырок, могут служить центрами люминесценции в *кристаллофосфорах*. Если поглощение центра люминесценции находится в области собств. поглощения кристалла, то он будет люминесцировать, не являясь Ц. о.

Окрашивание и обесцвечивание кристаллов и стекол широко применяется в науке и технике: в дозиметрии, вычислит. технике, устройствах, где используют фотохромные материалы. В археологии и геологии по исследованиям Ц. о., возникших под действием излучения радиоактивных элементов, находящихся в толще Земли, определяют возраст глиняных изделий и минералов. Окраска ряда драгоценных камней и самоцветов связана с Ц. о. Нек-рые кристаллы и стекла с примесными Ц. о. используют в качестве активной среды в твердотельных лазерах.

ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ (цеолитные катализаторы), гетерогенные многофазные катализаторы на основе *цеолитов*; один из видов *катализаторов процессов нефтепереработки*.

Представляют собой кристаллич. цеолиты, включенные в матрицу. Цеолиты, входящие в состав Ц. к., имеют вид каркаса, построенного из бесконечной одно-, двух- или трехмерной сетки тетраэдров SiO_4 и AlO_4 , связанных общими атомами О, и пронизанного полостями и каналами. Матрица Ц. к. может состоять из Al_2O_3 , SiO_2 , глины или аморфного алюмосиликата (иногда из смеси этих в-в); в ней распределен и закреплен кристаллич. цеолит. Матрица выполняет роль связующего для механически непрочного цеолита, поглощает тепло и тем самым предохраняет цеолит от локальных перегревов и термич. разрушения, проявляет синергетич. эффект в отношении активности цеолитов, их устойчивости к отравлению каталитич. ядами и т. п.

В составе пром. Ц. к. используют цеолиты (табл.) с определенными характеристиками.

ЦЕОЛИТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Название цеолита и ф-ла элементарной ячейки	Средний размер каналов, нм*	Средний размер полостей, нм	Соотношение атомов Si/Al
Тип А $\text{Na}_{12}[\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	0,41 (3Д)	0,66; 1,14	1,0–1,05
Тип X $\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{192-n}\text{O}_{384}] \cdot 260\text{H}_2\text{O}$ $87 \geq n \geq 83$	0,74 (3Д)	0,66; 1,18	1,2–1,3
Тип Y $\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{192-n}\text{O}_{384}] \cdot 260\text{H}_2\text{O}$ $75 \geq n \geq 56$	0,74 (3Д)	0,66; 1,18	1,7–2,1
Морденит $\text{Na}_8[\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}] \cdot 28\text{H}_2\text{O}$	0,67 × 0,70 (1Д)	—	5,0
Эрионит $(\text{K}_2, \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Na}_2)_4[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] \cdot 28\text{H}_2\text{O}$	0,36 × 0,52 (3Д)	0,63; 1,30	3,0
Оффретит $\text{Na}_5[\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36}] \cdot 15\text{H}_2\text{O}$	0,64 (1Д); 0,36 × 0,52 (2Д)	0,6; 0,74	3,5
ZSM-5 $\text{Na}_3[\text{Al}_3\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192}] \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ $n \approx 3$	0,51 × 0,56 – 0,51 × 0,55 (3Д)	—	~ 30

* 1Д, 2Д и 3Д – соотв. одно-, двух- и трехмерные структуры.

Активность и стабильность Ц. к. определяется пл. обр. соотношением атомов Si/Al в кристаллич. каркасе цеолита, размерами и строением полостей и каналов цеолита и матрицы, а также наличием в цеолите или матрице катионов, отличных от щелочных и щел.-зем. металлов [напр., PЗЭ в цеолите (т. наз. PЗЭ-форма цеолита), элементы VI и VIII групп в цеолите и матрице], или отсутствием катионов (напр., декатионированная H-форма цеолита).

Различают моно- и бифункциональные Ц. к. Монофункциональные катализаторы содержат кислотные брэнстедовские (протоны, связанные с каркасными атомами О) и льюисовские центры (катионы щелочных металлов или трехкоординир. атомы Al, находящиеся в местах с дефицитом кислорода или местах расположения катионов):



Каталитич. действие таких Ц. к. связано с их способностью образовывать карбониевые ионы, поэтому они способны ускорять р-ции крекинга, изомеризации и диспропорционирования алкилароматич. углеводородов, переноса водорода и др.

Бифункциональные Ц. к. помимо кислотных центров содержат катионы металлов VI и VIII групп, заряд к-рых компенсирует избыточный отрицат. заряд в каркасе цеолита. Наличие таких катионов определяет способность Ц. к. ускорять окислит.-восстановит. р-ции. В связи с этим на бифункциональных Ц. к. протекают два типа р-ций: на кислотных центрах происходит р-ции, характерные для монофункциональных катализаторов; на катионах металлов – р-ции гидрирования – дегидрирования (напр., гидрогенолиз, гидрокрекинг, синтез углеводородов из метанола). Направление и селективность р-ций определяются соотношением кол-ва кислотных центров и кол-вом введенного в катализатор катиона металла.

В каждом из перечисленных в табл. типов Ц. к. можно выделить подтипы с определенным мол.-ситовым эффектом. Такой эффект Ц. к. обусловлен соразмерностью каналов и полостей цеолитов с молекулами реагентов или продуктов р-ции. Напр., в случае селективного крекинга и гидрокрекинга *n*-парафинов на узко- и среднепористых цеолитах с размерами пор 0,3–0,6 нм соразмерность молекул исходных углеводородов с порами катализатора способствует их доступу к активным центрам. В случае несоответствия молекул продуктов р-ции с порами катализатора их диффузия с активных центров затруднена, что приводит к образованию значит. кол-ва кокса на пов-сти катализатора.

Получают Ц. к., как правило, сухим смешением или соосаждением составляющих катализатор компонентов матрицы и цеолита. Исключение составляет хим. способ «in situ», по к-рому сначала получают матрицу, а затем в каналах ее пор выращивают цеолит.

Синтез цеолитов осуществляют кристаллизацией в гидро-термальных условиях реакц. смеси, содержащей Na_2O , Al_2O_3 , SiO_2 и H_2O , или нагреванием гелей, образованных при смешении р-ра NaAlO_2 и золя H_4SiO_4 . Состав смеси и условия синтеза определяют структуру цеолита. Получаемая обычно Na-форма цеолита может подвергаться далее ионному обмену с разл. катионами, структурному модифицированию и т. п.

Матрицу Ц. к. готовят на основе гидроксида Al, золя H_4SiO_4 или смеси р-ров NaOH с каолином. Условия получения (т-ра, рН р-ра, время, а также кол-во вводимых соед.) определяют пористость структуры матрицы, ее каталитич., связующие и др. св-ва. После смешения компонентов матрицы с цеолитом из полученной массы (суспензии, пасты и др.) разл. способами формируют частицы (микрошферы, таблетки и т. п.) с определенным распределением по размеру; после этого проводят термич. обработку (сушку и/или прокаливание). При необходимости полученный Ц. к. подвергают дальнейшему модифицированию.

Осн. пром. применение Ц. к.:

1) Каталитический крекинг тяжелых нефтяных фракций для произ-ва высокооктановых бензинов.

Процесс проводят при т-рах 470–540 °С и давлении до 0,4 МПа на монофункциональных Ц. к., содержащих цеолиты в H- или PЗЭ-форме, с разл. соотношением атомов Si/Al (содержание цеолита в Ц. к. 50–60% по массе). Для повышения октанового числа бензина и выхода сжиженных нефтяных газов в катализатор вводят также цеолит типа ZSM-5 (5–10% по массе), обеспечивающий селективный крекинг *n*-парафинов. Его матрица содержит каолин, Al_2O_3 и синтетич. аморфный алюмосиликат.

2) Гидрокрекинг тяжелых нефтяных фракций для произ-ва бензина, реактивного и дизельного топлива.

Процесс проводят при т-рах 300–400 °С и давлении 10–20 МПа на бифункциональных Ц. к. на основе цеолита типа Y в H- и PЗЭ-форме с разл. соотношением атомов Si/Al; гидрирующую функцию выполняют металлы Pt-группы или оксиды Ni(Co) и Mo, введенные в матрицу в кол-ве до 10% по массе.

3) Произ-во смазочных, изоляционных масел и гидравлич. жидкостей из нефти.

Процесс проводят при 350–400 °С и давлении до 4 МПа в присут. бифункционального Ц. к., содержащего до 60–70% по массе цеолита ZSM-5, морденита, эрионита или оффретита

(в Н- или катионной форме), металлы Pt-группы или Ni(Co), Mo(W) в кол-ве 10% по массе.

4) Гидроизомеризация бензиновых фракций для произ-ва высокооктановых компонентов моторных топлив.

Изомеризацию низкооктановых углеводородов (n-пентана, n-гексана) проводят при 220–300 °C и давлении 2–3 МПа на бифункциональных Ц. к. типа морденита или типа Y (содержание 60–70% по массе) с нанесенными металлами Pt-группы.

5) Повышение октанового числа риформинг-бензинов и произ-во сжиженного нефтяного газа (селектоформинг).

Процесс проводят при 350–450 °C и давлении до 3 МПа на бифункциональных Ц. к. на основе цеолита эрионита (содержание 60–70% по массе) в Ni- или P3Э-форме. Такой Ц. к. обладает селективным эффектом в отношении n-парафинов.

Др. процессы с использованием Ц. к.: изомеризация и диспропорционирование ароматич. углеводородов, произ-во этилбензола, бензина из метанола, ароматич. углеводородов из пропана и бутана.

Лит.: Крекинг нефтяных фракций на цеолитсодержащих катализаторах, М., 1982; Якобс П. А., Карбоний-ионная активность цеолитов, пер. с англ., М., 1983; Радченко Е. Д., Нефедов Б. К., Алиев Р. Р., Промышленные катализаторы гидрогенизационных процессов нефтепереработки, М., 1987; Перспективные процессы и катализаторы нефтепереработки и нефтехимии, Сб. науч. тр. ГрозНИИ, М., 1990.

О. В. Крюков.

ЦЕОЛИТЫ (от греч. zēō – киплю и lithos – камень: при сильном и быстром нагр. вспучиваются с образованием пузырчатого стекла), прир. и синтетич. *алюмосиликаты*, кристаллич. структура к-рых образована тетраэдрич. фрагментами $[\text{SiO}_4]^{4-}$ и $[\text{AlO}_4]^{5-}$, объединенными общими вершинами в трехмерный каркас, пронизанный полостями и каналами (окнами) размером 0,2–1,5 нм; в последних находятся молекулы H_2O и катионы щелочных и щел.-зем. металлов, аммония, алкиламмония и др. Ц. – нестехиометрич. соед., их составы изменяются в широких пределах, образуя ряды твердых р-ров; общая ф-ла Ц.: $\text{B}_x\text{C}_y[\text{Al}_{x+2}\text{Si}_{2x+4y+2z}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Впервые Ц. описаны в 18 в. Известно более 40 минеральных видов прир. Ц. Наиб. распространены: анальцит $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$; гейландит $\text{Ca}_2[\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$; клиноптилолит $\text{Na}_6[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}] \cdot 20\text{H}_2\text{O}$; ломонтит $\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}] \cdot 16\text{H}_2\text{O}$; морденит $\text{Na}_8[\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}] \cdot 28\text{H}_2\text{O}$; филлипсит (0,5Ca, Na, K) $[\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; фожазит $\text{Na}_{13}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_{11}[\text{Al}_{59}\text{Si}_{133}\text{O}_{384}] \cdot 235\text{H}_2\text{O}$; шабазит $\text{Ca}_7[\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; эрионит $(\text{K}_2, \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Na}_2)_{4,5}[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] \cdot 28\text{H}_2\text{O}$.

Прир. Ц. образуют обычно белые, иногда бесцветные и прозрачные, реже красноватые, коричневые и зеленоватые кристаллы любых кристаллографич. сингоний. Твердость 5–5,5 (по минералогич. шкале); плотн. 1,9–2,8 г/см³; предел прочности при сжатии 8–15 МПа; уд. теплоемкость 0,83–1 кДж/(кг · К), теплопроводность 0,14 Вт/(м · К). Разлагаются в HCl с выделением SiO_2 .

Прир. и синтетич. Ц. являются молекулярными ситами, т.е. микропористыми телами, способными избирательно поглощать в-ва, размеры молекул к-рых меньше размеров микропор (для проникания в адсорбц. полость молекула адсорбата должна иметь критич. диаметр меньше размера входного окна). Кристаллохим. особенности, способность к катионному обмену, потере и поглощению воды и иных молекул без разрушения структурного каркаса обуславливают и др. св-ва Ц., к-рые служат также ионитами и катализаторами.

В земных недрах Ц. образуются при умеренных т-рах (до 250 °C) и давлении 200–300 МПа в результате гидротермальных вулканич. и др. процессов. Пром. месторождения представлены преим. цеолитсодержащими (60–95% Ц.) вулканитами (Бурятия, Закавказье, Закарпатье, Кавказ, Камчатка, Крым, Приморский край, о. Сахалин; Якутия и др.; Болгария, Венгрия, Исландия, Куба, Монголия, Новая Зеландия, США, Япония и др.). Промышленно ценны клиноптилолит, морденит, шабазит, а также анальцит, филлипсит и др.

В пром-сти синтез Ц. проводят нагр. до 200 °C гелей, образующихся при смешении р-ров NaAlO_2 и жидкого стекла

(или золя H_4SiO_4), либо смесей р-ров NaOH с прокаленным каолином. Полученные кристаллы (размер неск. мкм) гранулируют. Синтезировано более 100 разновидностей, среди к-рых особенно широко применяют Ц. типа А, X и Y (см. *Цеолитсодержащие катализаторы*); тип А не имеет прир. аналогов, типы X и Y близки фожазиту.

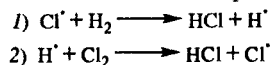
Благодаря указанным уникальным св-вам Ц. используют в пром-сти для выделения, очистки и синтеза углеводородов (см., напр., *Гидроочистка, Катализаторы процессов нефтепереработки, Каталитический крекинг*); разделения жидкостей, газов разделения и газов осушки; очистки воды; как наполнители бумаги; при произ-ве цемента и силикатного кирпича; создания глубокого вакуума и др.; в с. х-ве как селективные ловушки для содержащихся в почвах радиоактивных изотопов Sr и Cs; в качестве многолетних ионообменных регуляторов водно-солевого режима почв, пролонгаторов действия водорастворимых удобрений, в виде кормовой добавки к рациону с/х животных; крупные кристаллы и друзы прир. Ц. – ценный коллекционный материал.

Лит.: Брек Д., Цеолитовые молекулярные сита, пер. с англ., М., 1976; Природные цеолиты, под ред. А. Г. Коссовской, М., 1980; Кельцев Н. В., Основы адсорбционной техники, 2 изд., М., 1984; Баррер Р. М., Гидротермальная химия цеолитов, пер. с англ., М., 1985.

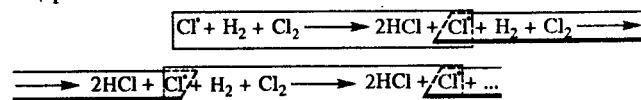
А. Н. Сисоев.

ЦЕПНЫЕ РЕАКЦИИ, хим. превращения и ядерные процессы, в к-рых появление промежуточной активной частицы (свободного радикала, атома, возбужденной молекулы в хим. превращениях, нейтрона – в ядерных процессах) вызывает цепь превращений исходных в-в. Примеры хим. Ц. р. – радикальная полимеризация, окисление, пиролиз и галогенирование углеводородов и др. орг. соед.; ядерные цепные процессы – цепное деление атомных ядер. Данная статья посвящена в основном химическим цепным реакциям.

Термин «Ц.р.» был предложен М. Боденштейном, обнаружившим (1913), что в ряде фотохим. р-ций (напр., $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$, $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{COCl}_2$) один поглощенный фотон вызывает превращение сотен тысяч молекул. Поскольку согласно закону квантовой эквивалентности Штарка–Эйнштейна при поглощении одного фотона в р-цию вступает лишь одна частица, остальные молекулы реагируют без непосредственного светового воздействия. Боденштейн предположил, что активной частицей, вызывающей цепь превращений, является возбужденная молекула Cl_2^* . В 1916 В. Эрнст высказал предположение об атомарной природе активных частиц и предложил след. механизм Ц. р. с участием Cl_2 . Поглощение фотона приводит к образованию из молекулы Cl_2 двух атомов Cl^* , к-рые вступают последовательно в р-ции:



Суммирование р-ций 1 и 2 дает брутто-р-цию, к-рая отражает стехиометрию превращения $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$. Атом Cl^* , образовавшийся в р-ции 2, идентичен атому Cl^* , вступившему в р-цию 1, поэтому последовательность р-ций можно представить в виде, иллюстрирующем наглядность термина «Ц. р.»:



Цепной механизм и его стадии

Ц. р. относятся к *сложным реакциям* и могут состоять из мн. элементарных стадий. Любая Ц. р. обязательно включает три осн. стадии: инициирование (зарождение цепи), продолжение и обрыв цепи. Инициированием наз. стадия, в к-рой из валентнонасыщенных молекул исходных в-в образуются переносчики цепи – активные частицы, участвующие в последующих р-циях и приводящие в конце концов к расходованию исходных в-в и образованию продуктов (р-ции инициирования в дальнейшем обозначаются буквой i). Последоват. р-ции (стадии) продолжения цепи составляют

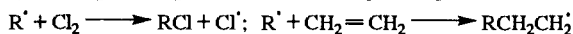
т. наз. цикл продолжения цепи (ЦПЦ), или звено цепи, а число v звеньев, приходящихся в среднем на каждый образовавшийся в р-ции инициирования переносчик цепи, наз. длиной цепи. Переносчики цепи исчезают в р-циях обрыва цепи вследствие столкновений друг с другом или со стенкой реакционного сосуда (в дальнейшем р-ции обрыва обозначаются буквой o).

В нек-рых Ц. р. в одной или неск. элементарных стадиях происходит увеличение числа активных частиц, что приводит к разветвлению цепей; такие Ц. р. наз. разветвленными.

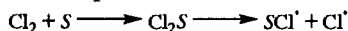
Рассмотрим подробнее стадии Ц. р.

Инициирование – наиб. энергоемкая стадия Ц. р., ее энергия активации определяется энергией разрываемой хим. связи (обратная р-ция – безактивационная). Поэтому образование активных частиц из молекул исходных в-в происходит лишь при достаточно высоких т-рах или при воздействии света, ионизирующего излучения, ускоренных электронов и т. п.

В отсутствие энергетич. воздействия образование активных частиц и инициирование Ц. р. может происходить при обычных т-рах лишь в присутствии инициаторов – в-в, в молекулах к-рых энергия разрыва хим. связи существенно меньше, чем в молекулах исходных в-в. Типичные инициаторы – орг. пероксиды и гидропероксиды, диазосоединения (см. *Инициаторы радикальные*). Переносчики цепи образуются при последующих р-циях радикалов с молекулами реагентов, напр.:



В газофазных системах инициирование может протекать также на стенке сосуда S в результате диссоциативной хемосорбции реагента, напр.:

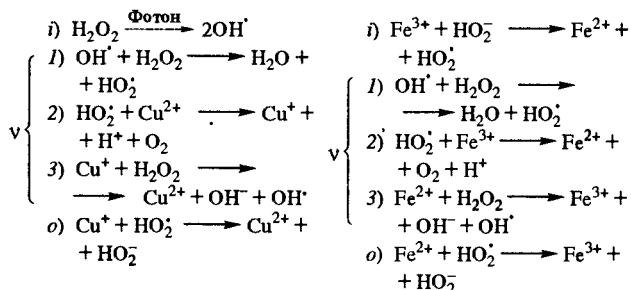


Энергия активации такой р-ции меньше, чем р-ции в объеме на величину разницы теплот адсорбции Cl' и Cl_2 .

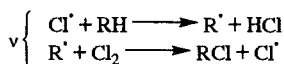
В р-рах инициирования может происходить в результате переноса электронов, обычно в р-ции участвуют ионы переходного металла. Инициатором мн. Ц. р. служит, напр., реактив Фентона $H_2O_2-FeSO_4$ (активные частицы OH' образуются в р-ции $Fe^{2+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{3+} + OH' + OH'$).

Инициаторы ускоряют образование активных частиц, т. е. являются катализаторами инициирования, но в отличие от катализаторов обычных (цепных) процессов они расходуются (часто их наз. расходуемыми катализаторами).

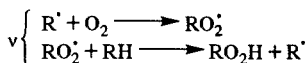
Продолжение цепи м. б. проиллюстрировано на примере процессов фотохим. разложения H_2O_2 в присут. ионов Cu^{2+} и каталитич. разложения H_2O_2 при добавлении в р-р ионов Fe^{3+} , к-рые имеют схожие цепные механизмы (переносчики цепи – OH' , HO_2' и Cu' или Fe^{2+}):



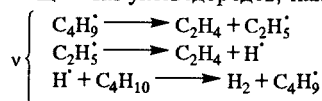
Представляют интерес р-ции ЦПЦ в нек-рых важнейших пром. процессах. Так, для хлорирования орг. соединений ЦПЦ имеет вид:



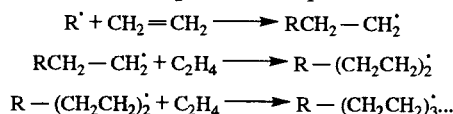
Для окисления орг. соединений:



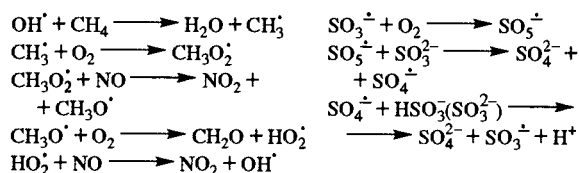
Для крекинга насыщенных углеводородов, напр. бутана:



Для радикальной полимеризации олефинов:

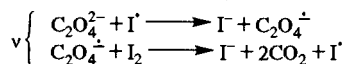


Многие атмосферные процессы относятся к Ц. р. Напр., в процессах соокисления метана и NO , образования H_2SO_4 в облачных каплях, содержащих HSO_3^- (кислотные дожди), ЦПЦ имеют вид:

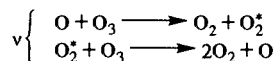


Стратосферные процессы разложения озона под действием OH' , HO_2' , NO , NO_2' , Cl' , ClO' также рассматриваются на основе представлений о Ц. р. и их стадиях; в частности Cl' и ClO' образуются из хлдонов, их присутствие в стратосфере считается одним из осн. факторов, ведущих к наблюдаемому уменьшению концентрации стратосферного озона.

В период становления осн. понятий теории Ц. р. в качестве активных частиц рассматривались лишь атомы и своб. радикалы. В 30-х гг. Н. Н. Семенов предложил механизм Ц. р. с участием ион-радикалов и возбужденных молекул. Так, для окисления щавелевой к-ты иодом предложена след. цепь:



Для разложения озона предполагалась цепь с участием O_2' :



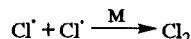
Впоследствии в число переносчиков цепи вошли и др. частицы: бирадикал \ddot{O} (окисление H_2), ионы переходных металлов в нестабильных (для условий опыта) заряженных состояниях, комплексные соед. в конформационно-неравновесных состояниях и т. п. высокореакционные частицы.

Обрыв цепи. Гибель переносчиков цепи при столкновениях со стенкой S реакционного сосуда происходит по механизму типа:



В этих случаях скорость р-ции обрыва пропорциональна концентрации своб. радикалов – т. наз. линейный обрыв. Чем больше отношение площади пов-сти сосуда к его объему, тем интенсивнее гибель переносчиков цепи на стенке, тем короче цепь и меньше скорость р-ции.

Обрыв цепи вследствие столкновений радикалов – переносчиков цепи друг с другом и взаимного насыщения своб. валентности в объеме сосуда обычно происходит с участием третьей частицы M , роль к-рой состоит в отводе энергии от образующейся частицы:



В этих случаях обрыв цепи является р-цией второго порядка по концентрации своб. радикалов, а ее скорость пропорциональна произведению их концентраций – т. наз. квадратичный обрыв.

Линейный обрыв цепи возможен и вследствие хим. взаимод. переносчиков цепи с примесным в-вом, если при этом образуется радикал, не участвующий в р-циях продолжения цепи. Так, переносчик цепи H^{\bullet} реагирует с примесным O_2 с образованием HO_2^{\bullet} , к-рый не участвует в р-циях продолжения цепи и исчезает при столкновении с др. частицей HO_2^{\bullet} или с атомами Cl^{\bullet} , H^{\bullet} .

Важнейший характерный признак Ц.р. — обрыв цепей на молекулах ингибитора — в-ва, эффективно взаимодействующего с переносчиком цепи и дезактивирующего его в результате хим. превращения. Выше упоминался O_2 , дезактивирующий H^{\bullet} переводом его в форму HO_2^{\bullet} . В случае введения в хим. систему т. наз. слабого ингибитора Ц.р. длительное время протекает медленнее, чем в его отсутствие. При добавке т. наз. сильного ингибитора Ц.р. практически не наблюдается в течение нек-рого периода индукции, после чего ее скорость становится такой же, как и без ингибитора (подробнее см. в ст. *Ингибиторы*). В отд. группу выделяют ингибиторы цепного окисления орг. в-в — т. наз. *антиоксиданты*. Эффективными прир. антиоксидантами являются аскорбиновая к-та и токоферол.

Кинетические закономерности неразветвленных Ц.р.

В начальный момент времени концентрация переносчиков цепи в реагирующей хим. системе равна нулю. При введении инициатора или при энергетич. воздействии на систему начинается образование переносчиков цепи со скоростью инициирования w_i . Одновременно происходят р-ции продолжения цепи, к-рые характеризуются относительно небольшими энергиями активации, и практически безактивационный процесс обрыва цепи на стенке или в объеме сосуда. Если р-ции на стенке являются основными каналом и инициирования и обрыва цепи, то скорость Ц.р. не зависит от отношения площади пов-сти сосуда S к его объему V , как и в том случае, если и инициирование и обрыв цепи происходят в объеме; в иных случаях скорость Ц.р. зависит от отношения S/V .

Обычно ЦПЦ состоит из 2–3 и более р-ций, причем одна из них характеризуется большей (сравнительно с другими) энергией активации и является скоростьюопределяющей (лимитирующей стадией). Ее скорость равна скоростям всех остальных р-ций ЦПЦ $w_{пр}$, но концентрация радикалов, участвующих в этой лимитирующей стадии, наибольшая. Т. к. гибель радикалов является практически безактивационным процессом, то осн. вклад в обрыв цепи вносят радикалы, участвующие в лимитирующей стадии ЦПЦ.

Участие переносчиков цепи в ЦПЦ не влияет на их концентрацию в системе, т. к. в ЦПЦ происходит их регенерация. Число переносчиков цепи n в единице объема в каждый момент времени t в простейшем случае гибели на стенке выражается дифференц. ур-нием:

$$dn/dt = w_i - gn, \quad (1)$$

откуда

$$n = (w_i/g)(1 - e^{-gt}), \quad (2)$$

где g — т. наз. фактор гибели переносчиков цепи (фактор обрыва цепи), равный константе скорости k_0 обрыва цепи на стенке. Из (2) следует, что $n = 0$ при $t = 0$ и со временем n достигает значения w_i/k_0 . Скорость Ц.р. w пропорциональна n и возрастает от $w = 0$ до значения, определяемого выражением:

$$w = k_{пр}[A]w_i/k_0, \quad (3)$$

где $[A]$ — концентрация реагента, подвергающегося превращению по цепному механизму; $k_{пр}$ — константа скорости продолжения цепи.

Различают два режима протекания процесса; нестационарный, соответствующий периоду роста скорости w , и стационарный, при к-ром n и w имеют постоянные значения. Характерные значения k_0 — десятки s^{-1} , поэтому, согласно (2), период нестационарности характеризуется обычно долями секунды.

Если длина цепи ν мала, в выражении для скорости р-ции необходимо учесть скорость расходования реагентов в стадии инициирования и скорость возможного образования продуктов в стадии обрыва цепи. Обычно, однако, число ν составляет десятки, сотни и тысячи и скорость Ц.р. практически равна скорости каждой из р-ций продолжения цепи, согласно выражению (3).

При введении ингибитора In возникает дополнит. канал гибели переносчиков цепи (константа скорости k_{in}) и скорость Ц.р. принимает значение w' :

$$w' = k_{пр}w_i[A]/(k_0 + k_{in}[In]), \quad w/w' = 1 + (k_{in}[In]/k_0), \quad (4)$$

где $[In]$ — концентрация ингибитора. Если k_{in} невелика, для заметного замедления Ц.р. необходима добавка ингибитора в такой концентрации $[In]$, чтобы значения $k_{in}[In]$ и k_0 были соизмеримы. Расход ингибитора будет происходить со скоростью, меньшей w_i , а т. к. его начальная концентрация $[In]_0$ — существенная величина, ее уменьшение в ходе р-ции м. б. небольшим. Соответственно р-ция будет протекать длительное время со скоростью, равной или близкой к значению, определяемому выражением (4), где $[In] \approx [In]_0$. Если же константа скорости k_{in} велика настолько, что уже при малых $[In]$ произведение $k_{in}[In] \gg k_0$, то в течение нек-рого времени, пока выполняется это неравенство, скорость образования продукта будет ничтожно мала в сравнении со скоростью Ц.р. w в отсутствие ингибитора. По мере расходования In , протекающего практически со скоростью инициирования w_i , скорость Ц.р. в присут. ингибитора w' достаточно быстро достигнет значения w .

Расчет скорости Ц.р. в общем случае производится по методу квазистационарных концентраций (см. *Квазистационарности приближение*). Этот метод применим к частицам, концентрации к-рых из-за высокой реакционной способности на много порядков меньше концентраций реагентов. Для каждого из переносчиков цепи R^{\bullet} составляют дифференц. ур-ние, приравнивающее производную $d[R^{\bullet}]/dt$ к сумме скоростей всех р-ций, в к-рых R^{\bullet} образуется и гибнет. Все производные полагают равными нулю и решают систему алгебраич. ур-ний согласно методу Боденштейна.

Другой способ расчета скорости используют для Ц.р. с длинами цепи $\nu \gg 10$, когда можно пренебречь возможным вкладом скоростей инициирования и обрыва цепи в общую скорость р-ции, т. е. в тех случаях, когда общая скорость w равна скорости $w_{пр}$ р-ций ЦПЦ (все они имеют одинаковую скорость) и $w_i = w_0$. Стационарную концентрацию переносчиков цепи, участвующих в р-циях обрыва, определяют из кинетич. ур-ния $w_i = w_0$ и затем рассчитывают w . Так, для вышеупомянутого разложения H_2O_2 в присут. ионов Cu^{2+} при освещении светом интенсивности I

$$\begin{aligned} w_i &= k_i I [H_2O_2] = k_0 [Cu^{+}][HO_2^{\bullet}] = w_0 \\ [Cu^{+}] &= w/k_3 [H_2O_2] \\ [HO_2^{\bullet}] &= w/k_2 [Cu^{2+}] \end{aligned}$$

Отсюда

$$\begin{aligned} k_i I [H_2O_2] &= k_0 w^2 / k_2 k_3 [H_2O_2] [Cu^{2+}] \\ w &= (k_i k_2 k_3 / k_0)^{0.5} I^{0.5} [Cu^{2+}]^{0.5} [H_2O_2] \end{aligned}$$

Разветвленные Ц.р.

Термин предложен Н. Н. Семеновым для открытых им (1926–28) Ц.р. с критич. явлениями, состоящими в том, что незначит. изменения концентрации реагентов, т-ры, размеров сосуда, введение примеси (даже разбавление реакционной смеси инертным газом) могут приводить к скачкообразному росту скорости Ц.р. от практически ненаблюдаемой до столь большой, что ее невозможно измерить. Впервые критич. явления в хим. системах были обнаружены Семеновым, Ю. Б. Харитоном и З. Ф. Вальта при окислении паров фосфора. Термином «разветвление» обозначают входящую в такие р-ции стадию размножения активных частиц.

Осн. понятие теории разветвленных Ц. р. — фактор разветвления цепи f , противоположный фактору гибели g переносчиков цепи в р-циях обрыва. Ур-ние (1) с учетом разветвления цепи записывается в виде:

$$dn/dt = w_i - (g - f)n = w_i + \varphi n, \quad (5)$$

где $\varphi = f - g$. До тех пор пока $g > f$, будет наблюдаться Ц. р., кинетика к-рой не отличается от неразветвленных Ц. р. С ростом f в соответствии с (2) n будет нарастать до все более высоких стационарных значений:

$$n = w_i / (g - f).$$

Если же f станет больше g , т. е. φ станет положит. величиной, решением ур-ния (5) будет выражение:

$$n_i = w_i(e^{\varphi t} - 1)/\varphi.$$

Выражение для скорости Ц. р., известное как ур-ние Семенова, имеет вид:

$$w \sim A \exp(\varphi t),$$

т. е. концентрация активных частиц не принимает стационарного значения, а непрерывно нарастает, как и пропорциональная ей скорость Ц. р., переходящей в самовоспламенение. Условие $g = f$, или $\varphi = 0$ — граничное для перехода от стационарного режима разветвленно-цепного процесса к нестационарному, протекающему с самоускорением (рис. 1). Чем быстрее р-ция, чем больше концентрация активных частиц, тем сильнее ускоряется р-ция. Т. обр., для разветвленных Ц. р. реализуется положит. обратная связь.

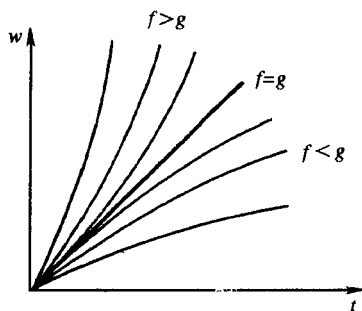
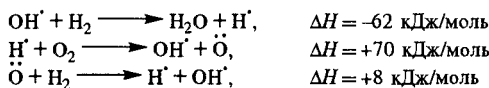


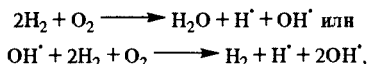
Рис. 1. Динамика разветвленного цепного процесса при различных соотношениях факторов обрыва и разветвления цепи (соотв. g и f , $\varphi = f - g$); w — скорость цепной р-ции, t — время.

Переход от стационарного к нестационарному протеканию Ц. р. может происходить как при увеличении f , так и при уменьшении g . Очевидно, что чем ближе условия к граничному $f = g$, тем меньше изменения f или g могут привести к срыву и переходу р-ции в режим самоускорения.

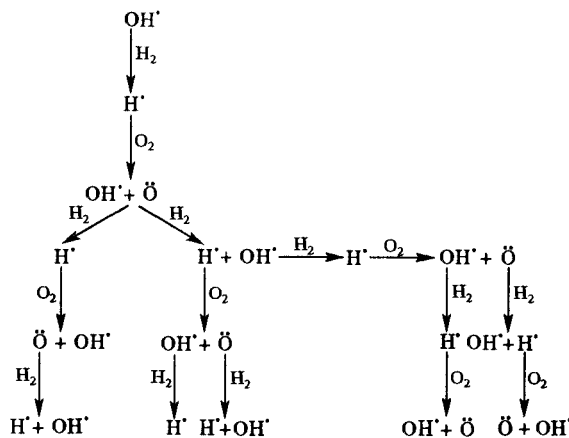
Наиб. детально изучено разветвленно-цепное окисление H_2 в смеси с O_2 . Р-ция инициирования $H_2 + O_2 \longrightarrow 2OH^\cdot$, продолжение цепи определяется р-циями:



Суммарная р-ция:



т. е. в ЦПЦ не только образуется продукт H_2O и регенерируются переносчики цепи OH^\cdot , но и возникают еще два переносчика цепи H^\cdot и OH^\cdot . Каждый из переносчиков цепи может либо погибнуть в р-циях обрыва, либо начать новое звено цепи, с образованием еще большего числа переносчиков цепи. Приведенная ниже схема развития цепного процесса в условиях, когда $f > g$, наглядно иллюстрирует явление разветвления цепи:



Все известные разветвленно-цепные р-ции являются экзотермическими, причем часть выделяемой энергии переходит в энергию активных частиц. Поэтому для разветвления цепи необходимо, чтобы тепловой эффект брутто-процесса значительно превосходил тепловой эффект наиб. энергоемкой из всех стадий разветвления (для окисления H_2 это соотв. 483 и 70 кДж/моль).

К изученным разветвленно-цепным р-циям относятся окисление паров P , S ; р-ции O_2 с CS_2 , CO , SiH_4 , углеводородами; разложение NCl_3 . Для всех этих р-ций характерно наличие нижнего и верхнего пределов самовоспламенения. Их происхождение определяется переходами через граничное условие $f = g$. В случае газозафазных р-ций при низком давлении p диффузия переносчиков цепи к стенке и их гибель обуславливает неравенство $g > f$ и р-ция практически не наблюдается. Рост давления препятствует диффузии, при этом g уменьшается, а f растет, т. к. обычно в р-ции разветвления участвует один из реагентов, давление к-рого составляет часть общего давления. При переходе через граничное условие $f = g$ происходит самоускорение р-ции и самовоспламенение смеси. Граничному условию соответствует нек-рое значение p_1 — давление нижнего предела самовоспламенения. Соотношение $f > g$ соблюдается при $p > p_1$, но при дальнейшем росте p способность смеси к самовоспламенению исчезает. С ростом p растет доля тримолекулярных соударений, в результате к-рых происходит гибель переносчиков цепи в газовой фазе. Это м. б. также столкновения двух активных частиц с любой третьей частицей M и переход активной частицы в малоактивную, не участвующую в р-циях продолжения и разветвления цепи. Так, в смеси H_2 с O_2 возможна гибель H^\cdot по р-ции $H^\cdot + O_2 + M \longrightarrow M + HO_2^\cdot$ с послед. гибелью HO_2^\cdot в р-циях друг с другом или с переносчиками цепи OH^\cdot и H^\cdot . За счет тримолекулярных р-ций фактор g , пропорциональный p^2 , опережает в своем росте фактор f , пропорциональный p . В результате при нек-ром p_2 — давлении верхнего предела — вновь происходит переход через граничное условие $f = g$ и смесь теряет способность к самовоспламенению. Явление верхнего предела было открыто и объяснено С. Хиншелвудом (1956). Семенову и Хиншелвуду за исследование механизма хим. р-ций была присуждена Нобелевская премия.

С ростом т-ры T область воспламенения — разность между p_2 и p_1 — расширяется, т. к. фактор f , характеризующий энергоемкую р-цию разветвления, возрастает с ростом T значительно, а фактор g от T зависит слабо. В случае понижения T и p_2 при нек-рой T значения p_1 и p_2 становятся одинаковыми. Зависимости p_1 и p_2 от T образуют характерный полуостров воспламенения (рис. 2). Контур этого полуострова может изменяться при изменении условий опыта. Так, при увеличении отношения S/V , напр. введением в сосуд стержней, g возрастает и происходит повышение нижнего предела p_1 как ф-ции T . Тот же эффект проявляется при уменьшении диаметра сосуда, т. е. увеличении S/V . Разбавление смеси инертным газом затрудняет диффузию активных

частиц к стенке и одновременно повышает долю тримолекулярных столкновений из-за роста общего давления. В результате происходят уменьшение g в области нижнего предела самовоспламенения и рост g в области верхнего предела. При введении ингибитора контур полуострова воспламенения изменяется, нижний предел повышается, верхний — понижается.

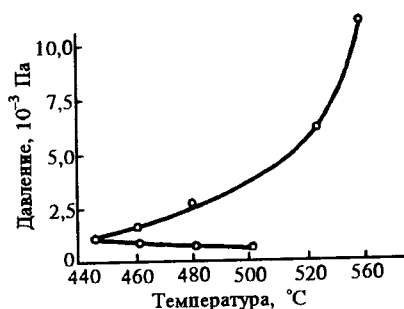
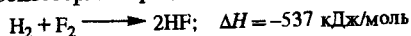


Рис. 2. Полуостров воспламенения смеси водорода с кислородом.

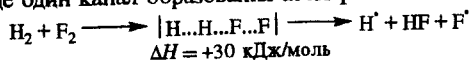
Самоускорение Ц. р. с разветвлением цепей, описываемое ур-нием Семенова, обусловлено переходом энергии экзотермич. р-ции в хим. энергию активных частиц. Так, в определенных условиях до половины кол-ва молекул H_2 в режиме самовоспламенения может существовать в форме атомов H^{\cdot} . Другая возможность — переход энергии экзотермич. хим. р-ции в кинетич. энергию частиц и рост т-ры в случае, если скорость разогревания смеси превышает скорость отвода тепла от сосуда. Повышение т-ры приводит к ускорению р-ции, повышению интенсивности тепловыделения и дальнейшему росту т-ры и скорости р-ции — тепловому взрыву. В основе такого процесса м. б. как неразветвленная Ц. р., так и р-ция с разветвлением цепей. В последнем случае появляется т. наз. третий предел самовоспламенения: смесь, потерявшая способность к самовоспламенению при $p > p_2$, с послед. повышением p вновь становится самовоспламеняющейся.

Энергетическое разветвление цепей. Возможен переход энергии хим. р-ции в энергию возбуждения внутр. степеней свободы частиц, образующихся в экзотермич. элементарной стадии; в этом случае нарушается равновесное распределение частиц по энергиям. Сверхравновесная концентрация вращательно-возбужденных состояний быстро, в результате неск. соударений, уменьшается до равновесной. Для диссипации избыточной колебат. энергии необходимо участие возбужденной частицы в тысячах соударений, т. е. время жизни колебат. возбужденных состояний много больше, чем вращательно-возбужденных. Это может привести к росту скорости р-ции, т. к. константы скорости с участием колебат. возбужденных частиц м. б. на много порядков больше, чем для невозбужденных.

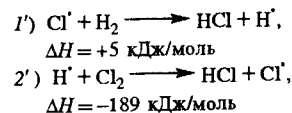
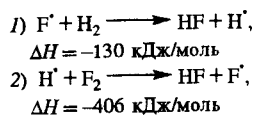
Впервые роль колебат. возбужденных состояний в самоускорении разветленно-цепных р-ций была выявлена для высокоэкзотермич. р-ции



Аналогичная р-ция $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$ протекает как неразветвленный процесс. В отсутствие светового воздействия для обеих р-ций инициирование происходит на стенке сосуда: $(X_2 + S \longrightarrow X_2S \longrightarrow SX + X^{\cdot})$ и в объеме ($X_2 + M \longrightarrow M + 2X^{\cdot}$), где X — Cl или F . Большая разница энергий связи $F-F$ (159 кДж/моль) и $H-F$ (565 кДж/моль) определяет еще один канал образования атомарного F :



Для аналогичной р-ции с участием Cl_2 необходимо затратить 248 кДж/моль, т. е. такая р-ция практически не происходит. Р-ции продолжения цепи для обеих систем подобны:



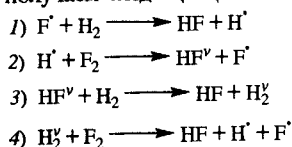
Энергия, выделяющаяся в р-циях 1, 2 и 2', частично переходит в энергию колебат. возбуждения продуктов — соотв. HF и HCl . При последующих соударениях избыточная колебат. энергия рассеивается — переходит в поступат. и вращат. энергию мн. других частиц.

Имеются, однако, две возможности перехода колебат. энергии в хим. энергию активных частиц. Если энергия возбуждения конечного или промежут. продукта достаточна для его распада на активные частицы, может пойти р-ция размножения частиц. В рассматриваемых р-циях такая возможность отсутствует, т. к. соответствующие энергии связи составляют 565 (для $H-F$) и 431 кДж/моль (для $H-Cl$), т. е. они больше, чем тепловые эффекты р-ций соотв. 2 и 2'.

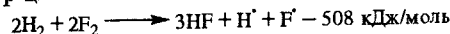
Вторая возможность — передача энергии колебат. возбуждения продукта на частицу реагента. Такая передача тем вероятней, чем ближе значения энергий колебат. возбуждения сталкивающихся частиц. Для рассматриваемых частиц колебат. кванты таковы (в кДж/моль):

HF	HCl	H ₂	F ₂	Cl ₂
49,6	35,8	52,7	11,0	6,7

Энергии колебат. возбуждения близки лишь для пары $HF-H_2$. Между этими частицами может протекать реакция $HF^{\cdot} + H_2 \longrightarrow H_2^{\cdot} + HF$ (значок \cdot означает колебат. возбуждение). Частица H_2^{\cdot} , как и H_2 , реагирует с F_2 , но для р-ции $H_2^{\cdot} + F_2 \longrightarrow H^{\cdot} + HF + F^{\cdot}$ тепловой эффект составляет не +30, а -22,7 кДж/моль, а ее константа скорости примерно в 10^7 больше, чем для р-ции невозбужденного H_2 . Дополнив р-ции 1 и 2 рассмотренными р-циями колебат. возбужденных частиц, получаем след. ЦПЦ:

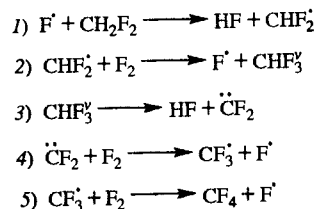


Суммарная р-ция:



Все особенности разветленно-цепных р-ций — существование нижнего и верхнего предельных давлений, наличие полуострова воспламенения, зависимость положения нижнего предела от размеров сосуда и т. п. — присущи и этой р-ции с энергетич. разветвлением цепи.

Энергетич. разветвление цепей было открыто в 1963 Семеновым. Впоследствии было обнаружено энергетич. разветвление цепей без передачи энергии колебат. возбуждения. Так, для р-ции $CH_2F_2 + 2F_2 \longrightarrow CF_4 + 2HF$ был установлен механизм разветвления цепей в результате распада промежут. в-ва, образующегося в состоянии колебат. возбуждения:



Суммарная р-ция:



По механизму Ц. р. с энергетич. разветвлением происходят газофазное фторирование CH_4 и его галогенпроизводных, фторирование этана, окисление тетрафторэтилена и ряда

хлорзамещенных олефинов, хлорирование силана и нек-рые др. процессы. Поскольку в Ц. р. с энергетич. разветвлением возникает инверсная заселенность колебат. уровней, такие Ц. р. представляют практич. интерес для решения проблемы создания лазеров с хим. накачкой (см. *Лазеры химические*).

Разветвленно-цепные р-ции могут протекать стационарно, если $g > f$, и с самоускорением, если $f > g$. Значения $\phi = f - g$ таковы, что вся р-ция протекает за доли секунды.

Р-ции с вырожденным разветвлением. Такое назв. получили многочисленны радикально-цепные р-ции, для к-рых характерно самоускорение, описываемое ур-нием Семенова с очень малыми значениями ϕ . Для таких р-ций обычно не наблюдается перехода в режим самовоспламенения или взрыва. По достижении нек-рой макс. скорости такие р-ции замедляются (рис. 3). С этим связано второе назв. таких р-ций – вырожденный цепной взрыв. Характерное время их ускоренного протекания – не доли секунды, а десятки минут и часов. Различие величин ϕ определяет различие механизмов.

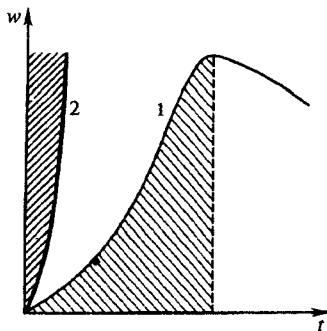
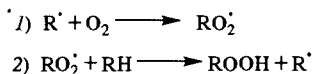
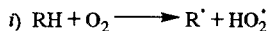


Рис. 3. Динамика процессов с вырожденным разветвлением цепей (1) и разветвленного цепного (2). Заштрихованные площади отражают кол-во реагентов, прореагировавших к моменту времени t .

Рассмотрим, напр., цепное окисление углеводов. В этом случае ЦПЦ включает след. р-ции:



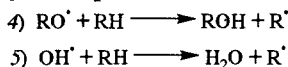
В отсутствие инициатора иницирование происходит по р-ции:



Радикалы HO_2' не участвуют в ЦПЦ и исчезают в разл. р-циях гибели на стенке и в объеме. Концентрация частиц R' и RO_2' за доли секунды достигают своего стационарного значения, определяемого ур-нием (2), а $ROOH$ накапливается в системе и служит инициатором:



Последующее быстрое образование переносчика цепи R' происходит в результате р-ции:



Т. обр., по мере протекания р-ции и накопления $ROOH$ скорость иницирования растет:

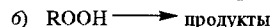
$$w_i = k_i[RH][O_2] + k_3[ROOH]$$

Чем больше w_i , тем больше скорость образования $ROOH$, а чем больше $[ROOH]$, тем сильнее ускоряется иницирование. Так реализуется положит. обратная связь в случае р-ций с вырожденным разветвлением цепей. Суммарная р-ция:



Это ур-ние ничем не отличается от аналогичного для разветвленно-цепных р-ций, и если бы распад $ROOH$ на RO' и OH' происходил с характерным временем, соизмеримым со временем развития звена цепи, не было бы отличия в их

поведении. В действительности же эти времена сильно разнятся. Одна р-ция разветвления 3 приходится на многие тысячи р-ций 1 и 2, составляющих ЦПЦ неразветвленного окисления RH . Рост $[ROOH]$ в ходе р-ции мог бы тем не менее привести к тому, что величины $k_3[ROOH]$ и $k_i[R'] \cdot [O_2] = k_2[RO_2'] \cdot [RH]$ стали бы соизмеримы. Этого не происходит из-за того, что $ROOH$ – нестабильный промежуток, продукт, и со скоростью, намного большей, чем для р-ции 3, происходит превращение $ROOH$ в стабильные продукты окисления RH – кетоны, к-ты и др. по р-ции:



Поскольку $w_6 \gg w_3$, не происходит значит. накопления $ROOH$, а по мере его накопления расход RH по р-циям 1, 2 и 6 оказывается столь большим, что скорость всех р-ций с участием RH падает значительно. Рассмотренными факторами и определяются характерные особенности вырожденно-разветвленных Ц. р.: рост скорости на начальных стадиях, описываемый ур-нием $w = A \exp(\phi t)$, но с очень малым ϕ ; уменьшение скорости р-ции на более поздних стадиях р-ции. К р-циям с вырожденным разветвлением относятся многочисленные р-ции окисления не только углеводов, но и большинства др. орг. соединений, поскольку их общим св-вом является промежуток. образование $ROOH$. Подобным образом протекает и окисление сероводорода.

Большой вклад в изучение этих р-ций был сделан А. Б. Налбандяном и Н. М. Эмануэлем. Большое значение имело открытие разветвленных и вырожденно-разветвленных Ц. р. для создания теории горения.

Р-ции с вырожденным разветвлением цепей при повышенных т-рах могут протекать как разветвленно-цепные. Так, H_2S реагирует с O_2 при 250–300 °С по механизму вырожденного разветвления цепей, а при 350–400 °С наблюдаются нижний и верхний пределы самовоспламенения. По-видимому, при повышенных т-рах становятся существенными р-ции разветвления, к-рые не идут при низких т-рах. Для окисления углеводов Семенов рассмотрел возможность разветвления в результате высокотемпературного распада RO_2' на R' и альдегид $R''CHO$ и последующей р-ции $R''CHO + O_2 \longrightarrow R''CO' + HO_2'$.

Образование ответственного за разветвление промежуток. продукта в результате протекания неразветвленно-цепной р-ции и возможность перехода р-ций с вырожденным разветвлением в разветвленно-цепные свидетельствует о том, что механизм вырожденного разветвления цепей занимает промежуток. положение между неразветвленным и разветвленно-цепным механизмами.

Лит.: Семёнов Н. Н., Развитие теории цепных реакций и теплового воспламенения, М., 1969; Проблемы химической кинетики, М., 1979; Налбандян А. Б., Варданян И. А., Современное состояние проблемы газ-фазного окисления органических соединений, Ер., 1986. А. П. Турмалев.

ЦЕРАМИДЫ, липиды общей ф-лы $RCH(OH)CH(NHCO R')CH_2OH$, где R – алкил, алкенил $C_{13}-C_{17}$; R' – алкил, алкенил $C_{15}-C_{25}$.

Ц. – твердые или воскоподобные в-ва, хорошо раств. в $CHCl_3$, CH_3OH и их смесях. Ц. склонны к внутримол. циклизации с образованием Δ^2 -оксазолинов и продуктов их дальнейшего превращения.

Ц. встречается в природе как в своб. состоянии в печени, селезенке, эритроцитах, так и в составе сфинголипидов и имеют D-эритро-конфигурацию.

При биосинтезе Ц. образуются из сфингозинов $RCH(OH)CH(NH_2)CH_2OH$ и ацил-КоА в присут. N-ацилтрансферазы и являются предшественниками сфингомиелинов, цереброзидов, ганглиозидов и т. п.

Ц. выделяют при кислотном гидролизе сложных сфинголипидов или синтезируют селективным N-ацилированием сфингозинов ацилхлоридами в ацетатном буфере при pH 7,3. Ц. служат удобными исходными соед. при синтезе сфинголипидов через бензоилсерамиды $RCH(OCOC_6H_5)CH(NHCO R')CH_2OH$, к-рые получают с выходом более 70% путем последоват. триэтирования, бензоил-

лирования и детритилирования Ц. без выделения промежуток. соед.

Лит.: Препаративная биохимия липидов, под ред. Л.Д. Бергельсона, Э.В. Датловской, М., 1981; Химия липидов, М., 1983; *Sphingolipid biochemistry*, eds. J.N. Kanfer, S. Hakomori, N.Y.-L., 1983; *The lipid handbook*, eds. F.D. Gunstone, J.L. Harwood, F.B. Padley, L.-N.Y., 1986. Е.Н. Звонкова.

ЦЕРЕБРОЗИДЫ, сфинголипиды общей ф-лы $RCH(OH)CH(NH_2COR')CH_2OH$, где R и R' – алкил, гидроксип-алкил, алкенил; X – остаток глюкозы (глюкоцереброзида), галактозы (галактоцереброзида) или фукозы (фукоцереброзида). В глюко- и галакто-Ц. присутствует β-гликозидная связь, в фуко-Ц. – α-гликозидная связь.

Ц. – твердые в-ва, не раств. в воде, хорошо раств. в орг. р-рителях. При кислотном гидролизе образуют жирные к-ты, сфингозины (сфингозиновые основания) $RCH(OH)CH(NH_2)CH_2OH$ и углеводы.

Ц. содержатся в тканях человека, животных и высших растений. С их функционированием связана деятельность организма в целом и на клеточном уровне (изолирующие свойства миелиновой оболочки нервных аксонов, межклеточное узнавание, иммунологич. р-ции). Биосинтез Ц. протекает по двум путям: гликозилирование церамидов с помощью уридиндифосфатсахаров или гликозилирование сфингозинов с послед. N-ацелированием. Нарушения метаболизма Ц., обусловленные снижением активности или отсутствием ферментов их гидролиза, имеют наследственный характер (т. наз. болезнь Краббе); при этом в органах и тканях, особенно в мозге, накапливаются галактоцереброзида. Повышение содержания глюкоцереброзидов в мозге, печени свидетельствует о нарушениях обмена ганглиозидов (болезнь Гоше).

Осуществлен полный хим. синтез и полусинтез Ц., их аналогов и меченых производных, используемых в качестве диагностич. и исследовательских биопрепаратов. Осн. путь синтеза – гликозилирование бензоилцерамидов $RCH(OCOC_6H_5)CH(NH_2COR')CH_2OH$ по Кёнигса-Кнорра реакции. Наиб. стереоселективно с образованием β-аномера гликозилирование происходит в присут. цианида ртути. Другой подход – ацелирование психозина (сфингозил-β-галактозида), полученного при избират. гидролизе прир. Ц.

Типичными представителями Ц. головного мозга являются галактоцереброзида на основе 4-сфингенина $CH_3(CH_2)_{12}CH=CHCH(OH)CH(NH_2)CH_2OH$: френозин [в общей ф-ле R' = $C_{22}H_{45}CH(OH)$], т.пл. 195 °С; церазин (R' = $C_{23}H_{47}$), т.пл. 182 °С; нервон [R' = $CH_3(CH_2)_6CH=CH(CH_2)_{13}$].

Лит.: Видершайн Г.Я., Биохимические основы гликозидозов, М., 1980; см. также лит. при ст. Церамиды. Е.Н. Звонкова.

ЦЕРЕВИТИНОВА МЕТОД (Чугаева-Церевитинова метод), способ определения активного (подвижного) водорода в орг. соединениях. Р-р исследуемого соед. в абс. диэтиловом или диизоамилловом эфире, анизоле либо пиридине смешивают с реактивом Гриньяра ($RH + CH_3MgI \rightarrow RMgI + CH_4$); объем выделившегося метана измеряют в бюретке, наполненной ртутью. Метод применяется для определения спиртов, фенолов, тиолов, карбоновых к-т, аминов, монозамещенных производных ацетилена и т.п. Точность определения 3–5%. Метод не специфичен, т.к. активный водород содержат мн. в-ва, в т.ч. вода.

Ц. м. имеет в осн. историч. значение. Разработан Ф.В. Церевитиновым (совместно с Л.А. Чугаевым) в 1902–07.

Лит.: Губен-Вейль, Методы органической химии, пер. с нем., 4 изд., т. 2, М., 1963, с. 307; Терентьев А.П., Органический анализ, М., 1966, с. 136–66.

ЦЕРЕЗИН, смесь твердых предельных углеводородов состава C_{36} – C_{55} , преим. разветвленных алифатических. Воскообразное в-во от белого до коричневого цвета; мол.м. 500–700; т.пл. (капеллад.) 65–85 °С; не раств. в воде и спиртах, хорошо раств. в бензине, ограниченно – в минер. маслах. По сравнению с парафином обладает меньшей хим. устойчивостью, а также большей вязкостью и способностью загущать масла, что обусловлено его мелкокристаллич. структурой. Выделяют из озокерита (с послед. очисткой H_2SO_4 и отбеливающими глинами), петролатума, «парафиновых пробок» (отложений,

образующихся в трубопроводах при добыче и перекачивании нефти), а также из смеси продуктов синтеза на основе CO и H_2 (синтетич. высокопластич. Ц. в осн. нормального строения). Применяют как компонент пластичных смазок, изоляц. материал в электро- и радиотехнике; в смеси с парафином (т. наз. церезиновая композиция, т.пл. ≥ 56 °С) для изготовления свечей, мастик, пропитки упаковочных материалов; особо чистые сорта – в произ-ве косметич. кремов, оболочек для сыра и др.

Лит.: Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Справочное изд., под ред. В.М. Школьниковой, М., 1989, с. 407–08.

ЦЕРИЙ (от назв. малой планеты Цереры, открытой незадолго до церия; лат. Cerium) Ce, хим. элемент III гр. периодич. системы; относится к редкоземельным элементам (цериевая подгруппа лантаноидов), ат. н. 58, ат. м. 140,12. В природе 4 стабильных нуклида: ^{136}Ce (0,19%), ^{138}Ce (0,25%), ^{140}Ce (88,48%), ^{142}Ce (11,08%). Поперечное сечение захвата тепловых нейтронов $0,6 \cdot 10^{-28} m^2$. Конфигурация внеш. электронных оболочек атома $4f^2 5s^2 5p^6 6s^2$; степени окисления +3, реже +4; энергия ионизации при последоват. переходе от Ce^0 к Ce^{4+} 5,47, 10,85, 20,198 и 36,758 эВ; электроотрицательность по Полингу 1,12; атомный радиус 0,183 нм, ионные радиусы (в скобках даны координац. числа) Ce^{3+} 0,115 (6), 0,121 (7), 0,128 (8), 0,134 (9), 0,139 (10), 0,148 нм (12), Ce^{4+} 0,101 (6), 0,111 (8), 0,121 (10), 0,128 (12) нм.

Содержание в земной коре $7 \cdot 10^{-3}\%$ по массе, в морской воде $1,3 \cdot 10^{-6}$ мг/л. Ц. наиб. распространен среди легких лантаноидов, поэтому подгруппу элементов от La до Eu наз. цериевой. Вместе с др. РЗЭ содержится в монаците, бастнезите, апатитах и др. минералах. В них содержание Ц. колеблется в интервале 25–55% от суммарного кол-ва РЗЭ.

Свойства. Ц. – серебристо-белый металл; известно 4 кристаллич. модификации: ниже 95 К существует кубич. α-форма со структурой типа Cu, $a = 0,485$ нм, $z = 4$, пространств. гр. $Fm\bar{3}m$; в интервале 95–264 К – гексагон. β-форма с решеткой типа La, $a = 0,3673$ нм, $c = 1,1802$ нм, $z = 4$, пространств. гр. $P6_3/mmc$; в интервале 263–1035 К – γ-форма с кубич. решеткой типа Cu, $a = 0,51612$ нм, пространств. гр. $Fm\bar{3}m$; выше 1035 К существует δ-форма с кубич. решеткой типа α-Fe, $a = 0,412$ нм, $z = 2$, пространств. гр. $Im\bar{3}m$. Т.пл. 798 °С, т. кип. 3467 °С; плотн. α-Ce 8,23 г/см³, β-Ce 6,66 г/см³, γ-Ce 6,768 г/см³, δ-Ce 6,70 г/см³, т-ра перехода $\gamma \rightleftharpoons \alpha$ 300 К при давлении 10^3 МПа; C_p^0 26,94 Дж/(моль·К); $\Delta H_{возг}$ 417,1 кДж/моль, $\Delta H_{пл}$ 5,23 кДж/моль (1077 К), $\Delta H_{исп}$ 409 кДж/моль (3720 К); S_{298}^0 71,5 Дж/(моль·К); давление пара $1,06 \cdot 10^5$ Па (2000 К); температурный коэф. линейного расширения $8,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, ρ $75,3 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; теплопроводность 11,2 Вт/(м·К) при 291 К; магн. восприимчивость $+17,30 \cdot 10^{-9}$; точка Нееля 12,5 К; модуль упругости 30,58 ГПа, модуль сдвига 12,23 ГПа; коэф. Пуассона 0,248; $\sigma_{раст}$ 123 МПа; относит. удлинение 32,6%. Ц. – ковкий и вязкий металл, при комнатной т-ре без нагревания легко куется (инертная атмосфера) и прессуется, легко поддается мех. обработке (инертная атмосфера).

На воздухе компактный Ц. окисляется за неск. суток, причем кусок рассыпается, образуя серый порошок гидратированных карбонатов. При нагр. на воздухе компактный Ц. загорается при 160–180 °С, порошок пирофорен. Ц. разлагает воду при кипячении, раств. в минеральных к-тах, относительно устойчив к действию щелочей. Бурно взаимодей. с галогенами, халькогенами, азотом, углеродом с образованием производных Ce(III) или Ce(IV).

Ионы Ce(III) в водном р-ре относительно устойчивы, но окислителями (особенно в щелочной среде) способны переходить в Ce(IV).

Химия Ce(III) весьма сходна с таковой для др. РЗЭ, а также с химией актиноидов(III). Для Ce(IV) известны разнообразные комплексные соед., в т.ч. с ацидиолангандами (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}), похожие по св-вам на аналогичные производные Th(IV). Ион Ce^{4+} – сильный окислитель (стандартный электродный потенциал Ce^{IV}/Ce^{III} 1,66 В), что широко используется в титриметрич. определении восстановителей (церимет-

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЦЕРИЯ

Показатель	CeO ₂	(NH ₄) ₂ [Ce(NO ₃) ₆]	BaCeO ₃	Cs[CeCl ₆]	CeF ₄	CeF ₃
Цвет	Светло-желтый	Оранжево-красный	Беспр.	Желтый	Беспр.	Беспр.
Сингония	Кубич.	Моноклинная	Ромбич.	Ромбодрич.	Моноклинная	Тригон.
Параметры решетки:						
a, нм	0,54110	1,3061	0,6212	0,7465	1,2625	—
b, нм	—	0,6842	0,6235	—	1,0589	—
c, нм	—	0,8183	0,8781	0,6029	0,8257	—
угол, град.	—	91,34	—	—	126,20	—
Число формульных единиц в ячейке	4	2	4	1	12	—
Пространств. группа	Fm3m	P2 ₁ /n	Pbmm	P3n1	C2/c	P3C1
ΔH ⁰ _{обр} , кДж/моль	-1090,4	—	—	—	-1962	-1690,3

рии). Способность Ce(III) к переходу в форму Ce(IV) используют для экстракционной очистки Ц. от др. РЗЭ.

Соединения, содержащие Ce³⁺, бесцветны, ионы Ce⁴⁺ желтые или желто-оранжевые. Комплексные соединения Ce(IV) с орг. лигандами окрашены более глубоко.

Диоксид CeO₂ (табл.) имеет т. пл. 2400 °С, C_p⁰ 61,63 Дж/(моль·К), ΔG_{обр}⁰ -1024,5 кДж/моль, S₂₉₈⁰ 62,30 Дж/(моль·К); раств. в конц. HNO₃, H₂SO₄ в присут. HF, H₂O₂ или ионов NH₄⁺; с H₂ выше 800 °С реагирует и дает оксиды, содержащие одновременно Ce(III) и Ce(IV) (окраска от черной до фиолетовой). CeO₂ получают прокаливанием нитрата сульфата, оксалата, карбоната и др. соед. на воздухе выше 800 °С. Используют CeO₂ для полировки оптич. и техн. стекол, как компонент стекол, керамик (напр., оксоцератов M^{II}CeO₃, BaPbCeTiO₃), как промежут. продукт при получении Ц. и его соединений. ПДК в воздухе рабочей зоны 5 мг/м³. Сесквиоксид Ce₂O₃ неустойчив, в присут. O₂ быстро окисляется с выделением большого кол-ва тепла.

Твердые комплексные нитраты Ce(IV) с орг. катионами при синтезе или хранении могут взрывать. Гексанитратоцерат(IV) аммония (церий-аммонийнитрат) (NH₄)₂[Ce(NO₃)₆] раств. в воде, этаноле, эфирах: разлагается выше 180 °С, в р-рах HCl, H₂SO₄ образует хлоронитратоцераты(IV), хлоросульфатоцераты(IV), легко разлагается при нагре. с выделением соед. Cl₂ или O₂. Получают при р-рении CeO₂ в конц. HNO₃ в присут. NH₄NO₃ и кипячением с послед. экстракцией диэтиловым эфиром и кристаллизацией из этого р-ра. Используют при получении разл. соединений Ц., а также как промежут. продукт при отделении Ц. от др. РЗЭ.

Церат(IV) бария BaCeO₃ не раств. в воде и орг. р-рителях; получают взаимод. оксидов Ba и Ce при 1000 °С в атмосфере O₂; используют в качестве основы для керамич. материалов радиоэлектроники.

Гексахлороцерат(IV) цезия Cs₂CeCl₆ раств. в конц. HCl, мало раств. в воде, но медленно разлагается; получают осаждением ионами Cs⁺ из этанольного р-ра H₂CeCl₆ или из водного р-ра церий-аммонийнитрата в HCl; применяют при анализ. определении цезия (весовая форма), при разделении щелочных металлов методом осаждения (коэф. разделения Cs/Rb 66, Cs/K 3000, Cs/Na 5000).

Тетрафторид CeF₄ при взаимод. с водой гидролизует; выше 700 °С в вакууме сублимирует без разложения; окислитель, реагирует при нагре. с орг. соединениями, в т. ч. при 150–200 °С с фторопластами; получают при обработке Ce, CeF₃, CeCl₃, CeO₂, Ce₂O₃, фтором, ClF₃, BrF₃, XeF₂ и др. выше 200–250 °С; фторирующий реагент в орг. синтезе, используется в пиротехн. составах.

Трифторид CeF₃ при действии воды образует гидраты; получают р-цией CeO₂ с HF при 500 °С, термич. разложением (NH₄)₂CeF₆·nH₂O при 300–330 °С, CeF₄·7H₂O – при 390–400 °С; применяют для получения Ц. металлотермич. способом.

Получение и применение. Выделяют Ц. из прир. смеси РЗЭ экстракцией и хроматографией. В одной из техн. схем исходные оксиды РЗЭ, значит. часть к-рых (до 70%) приходится на CeO₂, кипятят в конц. HNO₃ в присут. NH₄NO₃. Образующийся при этом церий-аммонийнитрат экстрагируют

[напр., с помощью бис-(2-этилгексилового) эфира фосфорной к-ты] и из экстракта выделяют CeO₂.

Ц. используют в произ-ве пиррофорных сплавов, в т. ч. для трассирующих боеприпасов. Ц. – компонент ферроцерия и мишметалла (применяют в произ-ве пиррофорных сплавов, как раскислители и десульфураторы в черной металлургии), лигатур (для модификации сплавов Al и Mg); порошок Ц. используют в качестве геттера.

Ц. (как смесь цериевых земель) открыли Й. Берцелиус и В. Хизингер в 1803, независимо от них – М. Клапрот (1803).

Лит. см. при ст. Редкоземельные элементы.

Л. И. Мартыненко, С. Д. Моисеев, Ю. М. Киселев.

ЦЕТАНОВОЕ ЧИСЛО, характеризует воспламеняемость и сгорание топлив в дизельных двигателях. Численно равно содержанию (% по объему) цетана (Ц. ч. этого соед. принято за 100) в его смеси с α-метилнафталином (Ц. ч. равно 0), при к-ром данная смесь эквивалентна по воспламеняемости исследуемому топливу в стандартных условиях испытаний. Напр., если испытываемое топливо в камере сгорания двигателя воспламеняется так же, как смесь 45% цетана и 55% α-метилнафталлина, то такое топливо имеет Ц. ч. 45.

Ц. ч. определяется строением и содержанием углеводородов, входящих в состав топлива (см. *Дизельные топлива*). Наиб. высокие Ц. ч. характерны для парафиновых углеводородов нормального строения, минимальные – для ароматич. углеводородов (особенно для бициклических); с увеличением содержания последних Ц. ч. уменьшается. Для высококипящих фракций дизельных топлив Ц. ч., как правило, выше, чем для низкокипящих.

Испытания топлив на воспламеняемость проводят на спец. установке с одноцилиндровым двигателем, определяя длительность периода задержки воспламенения исследуемого образца после его впрыска в камеру сгорания. Для оценки Ц. ч. расчетным путем по разл. физ.-хим. показателям топлив (средняя т-ра кипения, групповой углеводородный состав, вязкость, плотность и др.) предложен ряд эмпирич. ф-л. Используя одну из них, находят т. наз. дизельный индекс (характеризует пусковые св-ва и испаряемость топлива):

$$ДИ = [(1,8t_{ан} + 32)(141,5 - 131,5 \rho_4^{15})] / 100 \rho_4^{15},$$

где $t_{ан}$ – анилиновая точка, °С; ρ_4^{15} – плотн. топлива при 15 °С. Значениями ДИ соответствуют определенные значения Ц. ч.:

ДИ ...	20	30	40	50	62	70	80
Ц. ч. ...	30	35	40	45	55	60	80

Установлено, что углеводороды с высокими Ц. ч. обладают низкой детонац. стойкостью, т. е. чем выше *октановое число* топлива, тем ниже его Ц. ч. и наоборот. Добавление в дизельные топлива бензиновых фракций всегда приводит к снижению их Ц. ч. Для его повышения (на 8–12%) в топливо вводят в кол-вах 0,5–1,0% по массе спец. присадки, напр. изопропилнитрат.

Лит.: Гуреев А. А., Фукс И. Г., Лашкин В. Л., Химмотология, М., 1986, с. 137–40.

ЦЕФАЛОСПОРИНЫ, группа β -лактамов антибиотиков, со структурой ф-лы I, в к-рых четырехчленное β -лактамовое кольцо сконденсировано с шестичленным, содержащим в положении один атом серы (собственно Ц.), кислорода (оксацифалоспорины), азота (азацифалоспорины) или углерода (карбоцефалоспорины). В медицине применяют полусинтетич. цефалоспориновые антибиотики (ПЦА; в ф-ле I X = S), к-рые получают ацилированием по аминогруппе соответствующих к-т: 7-аминоцефалоспоровой (7-АЦК; ф-ла I, R = NH₂, R' = CH₂OCOSCH₃), 7-аминодезацетоксицефалоспоровой (7-АДЦК; ф-ла I, R = NH₂, R' = CH₃), 7-аминооксацифалоспоровой (ф-ла II), 7-аминометилцефалоспоровой (ф-ла III). Антимикробной активностью обладают производные Δ^3 -изомера цефалоспоровых к-т, Δ^2 -изомеры неактивны. Наиб. применение нашли антибиотики на основе 7-АЦК и 7-АДЦК, к-рые получают из прир. источников — соотв. хим. дезацилированием Ц. С [ф-ла I; R = NHCO(CH₂)₃CH(COOH)NH₂, R' = CH₂OCOSCH₃] и р-циями трансформации (неск. хим. и одна ферментативная) бензилпенициллина. При синтезе антибиотиков на основе 7-АЦК стадии ацилирования может предшествовать введение заместителей в положение 3.

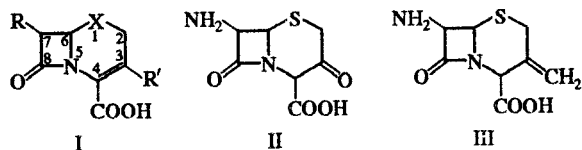


Табл. 1.— **ВАЖНЕЙШИЕ ЦЕФАЛОСПОРИНЫ 1-го и 2-го ПОКОЛЕНИЙ**

Антибиотик	R	R'
ПЦА 1-го поколения		
Цефалотин		-CH ₂ OCOSCH ₃
Цефалоридин (цеполин)	То же	-CH ₂ -N-
Цефазолин	-CH ₂ -N-	-CH ₂ S-
Цефалексин (цеполекс)	-CH-	-CH ₃
Цефалор	То же	-Cl
Цефадроксил	-CH-	-CH ₃
Цефтриаксон	То же	-CH ₂ S-
ПЦА 2-го поколения		
Цефамандол	-CH-	-CH ₂ S-
Цефуросим	-C(=O)-	-CH ₂ OCOSCH ₃

По сравнению с пенициллином ПЦА обладают более широким спектром антимикробного действия, большей устойчивостью к действию β -лактамаз (ферменты бактериального происхождения, разрывающие β -лактамовый цикл), меньшей аллергенностью. В зависимости от антибактериальных св-в их можно разделить на неск. групп: ПЦА 1-го, 2-го и 3-го поколений. ПЦА 1-го поколения (табл. 1) обладают широким спектром антимикробного действия, однако мало эффективны в отношении мн. грамотрицательных бактерий и, что особенно важно, неактивны по отношению к синегнойной палочке.

ПЦА 2-го поколения (табл. 1) отличаются большей устойчивостью к действию β -лактамаз, высокоэффективны в отношении мн. грамотрицательных микроорганизмов. Основн. их недостаток — неэффективность в отношении синегнойной палочки. Наиб. применение в медицине нашли цефамандол и цефуросим. Среди ПЦА 2-го поколения можно выделить соед., имеющие в положении 7 метоксигруппу (табл. 2). Эти ПЦА активны в отношении микроорганизмов, способных вырабатывать β -лактамазы. Их получают в пром-сти микробиол. синтезом или хим. метоксилированием соответствующих предшественников.

Табл. 2.— **ЦЕФАЛОСПОРИНЫ 2-го ПОКОЛЕНИЯ — ПРОИЗВОДНЫЕ 7-МЕТОКСИ-АЦК**

Антибиотик	R	R'
Цефокситин		-CH ₂ OCOSCH ₃
Цефметазол	-CH ₂ SC ₂ H ₄ C≡N	-CH ₂ S-
Цефбуперазон		То же

Табл. 3.— **ВАЖНЕЙШИЕ ЦЕФАЛОСПОРИНЫ 3-го ПОКОЛЕНИЯ**

Антибиотик	R	R'
Цефотаксим	-CH ₃	-CH ₂ OCOSCH ₃
Цефменоксим	То же	-CH ₂ S-
Цефтриаксон	»	
Цефтазидим	-C(=O)-	-CH ₂ -N-
Цефиксим	-CH ₂ COOH	-CH=CH ₂

Табл. 4.— N-АЦИЛИРОВАННЫЕ АРИЛГЛИЦИЛЦЕФАЛОСПОРИНЫ 3-го ПОКОЛЕНИЯ

Антибиотик	R	R'
Цефоперазон		
Цефпирамид		

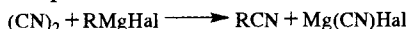
ПЦА 3-го поколения высокоактивны в отношении большинства грамотрицательных микроорганизмов, включая синегнойную палочку, высокоустойчивы к действию β -лактамаз. Одна подгруппа ПЦА 3-го поколения имеет в положении 7 аминотиазольный фрагмент (табл. 3); активны Z-изомеры, E-изомеры практически не обладают антимикробной активностью. Цефтазидим превосходит цефотаксим до активности в отношении синегнойной палочки.

К др. подгруппе ПЦА 3-го поколения относятся N-ацилированные арилглицильные производные 7-АЦК (табл. 4). Осн. преимущество этих Ц.— резкое увеличение активности в отношении синегнойной палочки. Осн. представитель — цефоперазон.

ПЦА применяют в виде инъекций (обычно используют натриевые соли) или перорально (таблетки, капсулы, сиропы).

Лит.: Topics in antibiotic chemistry, ed. by P. Sammes, v. 4, N. Y., 1980; «Angew. Chem. Int. Ed. Engl.», 1985, № 24, p. 180–202. Е. Я. Зинченко.

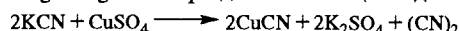
ЦИАН (дициан, динитрил щавелевой к-ты, оксалодинитрил) $\text{NC}\equiv\text{CN}$, мол. м. 52,035; бесцв. газ с резким запахом. Молекула Ц. линейна; длина связи $\text{C}-\text{C}$ 0,1368 нм, $\text{C}\equiv\text{N}$ 0,1157 нм; т. пл. $-27,83^\circ\text{C}$, т. кип. $-21,15^\circ\text{C}$; $d_4^{26,89}$ 0,9577; давление пара (кПа): 13,3 ($-51,5^\circ\text{C}$), 73,6 ($-27,83^\circ\text{C}$); ур-ние температурной зависимости давления пара: $\lg p$ (мм рт. ст.) = $9,858 - 1744,7/T$ (177–250 К); $p_{\text{крит}}$ 5,883 МПа (5,82 МПа), $t_{\text{крит}}$ 126,6 $^\circ\text{C}$; для газа: C_p^0 57,08 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{обр}}^0$ 309,1 кДж/моль, $\Delta H_{\text{гор}}^0$ $-1,096$ МДж/моль, $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 23,33 кДж/моль, $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 8,108 кДж/моль; γ жидкого Ц. 22,82 мН/м (-25°C), 15,82 мН/м ($16,25^\circ\text{C}$). Ограниченно раств. в воде (0,92% по массе при 20°C), лучше — в этаноле (7,11% при 20°C), CH_3COOH (15,05% при 20°C). В водном р-ре постепенно гидролизуетс с образованием $(\text{NH}_4\text{OOC})_2$, HCN , NH_3 и CO_2 . Для Ц. характерны св-ва псевдогалогенов; подобно, напр., хлору, Ц. взаимодей. с водными р-рами щелочей $(\text{CN})_2 + 2\text{KOH} \longrightarrow \text{KCN} + \text{KCNO} + \text{H}_2\text{O}$. С металлами образует комплексные соед., напр. $(\text{CN})_2 \cdot 2\text{CuCl}$, с реактивом Гриньяра — нитрилы:



В чистом виде Ц. устойчив, но в присут. разл. примесей при $300\text{--}500^\circ\text{C}$ превращается в аморфный полимер — парадиан $(\text{CN})_n$, где $n = 2000\text{--}3000$, имеющий полициклич. пиразинную структуру. Парадиан м.б. превращен в Ц. при $800\text{--}850^\circ\text{C}$ в атмосфере N_2 . При нагр. выше 1000°C Ц. диссоциирует на циано-радикалы $\cdot\text{CN}$ (энергия диссоциации 468,6 кДж/моль), к-рые весьма устойчивы и спектроскопически обнаружены даже в атмосфере Солнца.

Получают Ц. в крупных масштабах методами, основанными на каталитич. окислении HCN при $200\text{--}400^\circ\text{C}$ O_2 воздуха или

NO_2 . В небольших кол-вах Ц. получают термич. разложением цианидов Ag и Hg либо при действии на цианиды солей Cu:



Ц.— реагент в орг. синтезе, сырье для получения оксамида и этилендиамина, горющее для газовой резки и сварки металлов (т-ра пламени 4800°C).

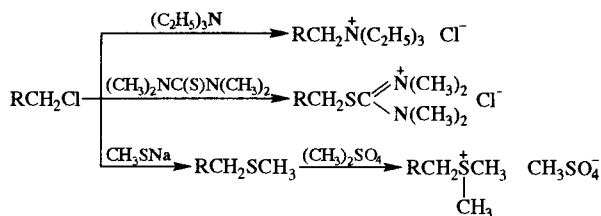
Ц. горюч; т. самовоспл. 850°C ; КПВ 6–32% (по объему). Ядовит, по токсичности Ц. несколько уступает HCN и ее солям — цианидам. Обладает раздражающим действием.

Лит.: Бобков С. С., Смирнов С. К., Синильная кислота, М., 1970; Химия псевдогалогенидов, пер. с нем., К., 1981. С. К. Смирнов.

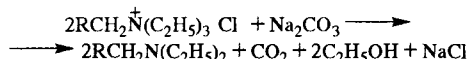
ЦИАНАЛЫ (алцианы), принятое в России назв. водорастворимых красителей, содержащих ониевые (аммониевые, тиурониевые или сульфониевые) группы. Обладают сродством к целлюлозному волокну.

Ц. стабильны в сухом виде и в водных р-рах в нейтральной и кислой средах. Легко м.б. выделены из водного р-ра ZnCl_2 . В принципе любые красители (напр., кубовые) введением указанных групп м.б. превращены в растворимые производные типа Ц.

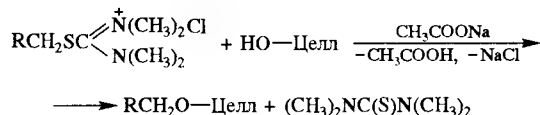
Получают Ц. хлорметилированием нерастворимого красителя (последний обрабатывают $\text{ClCH}_2\text{OCH}_2\text{Cl}$ либо CH_2O и HCl), полученное ω -хлорметильное производное (обычно достаточно двух групп CH_2Cl) вводят в р-цию с третичным амином, тетраалкилтиомочевинной или алкантиолом с послед. алкилированием диалкилсульфатом:



Ц. применяют при гладком крашении и печати. После крашения волокно обрабатывают р-ром соды, а после печатания — печатным составом, в к-рый кроме Ц. входят молочная или уксусная к-та и ацетат Na; фиксацию окрасок проводят запариванием. При этом ониевые соли распадаются с образованием нерастворимого красителя, прочно закрепляющегося на волокне, напр.:



В случае тиурониевых солей также получается нерастворимый краситель либо эти соли подобно активным красителям связываются с гидроксигруппами субстрата (напр., с целлюлозой $\text{Целл}-\text{OH}$) после отщепления тиурониевых групп:

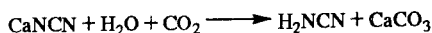


Наиб. значение имеют Ц. на основе фталоцианина меди, напр. Ц. голубой 43 (см. Фталоцианиновые красители). Для его получения хлорметилирование проводят действием параформа в хлорсульфоновой к-те с последующей обработкой тетраметилтиомочевинной. Краситель дает яркую голубую окраску с зеленоватым оттенком (в зависимости от кол-ва введенных хлорметильных групп оттенки меняются) и применяется при печати на тканях из целлюлозных волокон, иногда совместно с кубовыми красителями. Выпускается в виде водной пасты.

Лит.: Степанов Б. И., Введение в химию и технологию органических красителей, 3 изд., М., 1984, с. 536. В. Л. Солодарь.

ЦИАНАМИД (нитрил карбаминовой к-ты) $\text{H}_2\text{NC}\equiv\text{N}$, мол. м. 42,04; бесцв. гигроскопичные кристаллы ромбич. сингонии; т. пл. 46°C (с разл.), т. кип. $140^\circ\text{C}/19\text{ мм рт. ст.}$; d_4^{48} 1,0729; n_D^{48} 1,4418; ур-ние температурной зависимости давления пара $\lg p(\text{мм рт. ст.}) = 9,785 - 3580/T(293-393\text{ K})$, C_p^0 2,288 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{обр}}^0$ 58,77 кДж/моль, $\Delta H_{\text{сгор}}^0$ -737,9 кДж/моль; слабая к-та (K_a $5,4 \cdot 10^{-11}$). Легко раств. в воде ($\Delta H_{\text{р-ра}}^0$ 15,05 кДж/моль), этаноле, диэтиловом эфире и бензоле. При действии HCl образует $[\text{H}_2\text{NC}(\text{Cl})] = [\text{NH}_2]^+\text{Cl}^-$, при действии HCl и спирта - $[\text{H}_2\text{NC}(\text{OR})] = [\text{NH}_2]^+\text{Cl}^-$, в присут. к-т гидролизует до мочевины $(\text{H}_2\text{N})_2\text{CO}$. Реагирует с HN_3 , давая 5-аминотетразол, с H_2S - тиомочевину $(\text{H}_2\text{N})_2\text{C}=\text{S}$. Ц. образует соли со мн. металлами, напр., цианамид натрия NaNHCN , к-рый используют для получения замещенных Ц., среди к-рых известны производные как аминонитрильной структуры, так и изомерной динимидной: $\text{H}_2\text{N}-\text{C}\equiv\text{N} \rightleftharpoons \text{HN}=\text{C}=\text{NH}$. На взаимодей. групп NH_2 и CN в Ц. при нагр. выше т-ры плавления основан пром. синтез *дициандиамида* и *меланина*.

В пром-сти Ц. получают действием H_2SO_4 на цианамид кальция CaNCN либо его карбоксилированием в водной среде:



Ц. производят гл. обр. в виде 25–50%-ных водных р-ров, стабилизированных NaH_2PO_4 . Ц.- сырье в произ-ве дициандиамида, меланина, тиомочевины и нитрогуанидина. Замещенные Ц.- промежут. продукты в синтезе пестицидов.

Ц. горюч, т. всп. 126°C . Токсичен, ЛД₅₀ 150 мг/кг (кролики, перорально). У человека Ц. вызывает головные боли, головокружение, покраснение кожи, конъюнктивиты; ПДК в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м³.

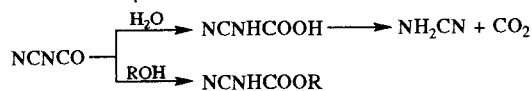
Лит.: Зильберман Е. Н., Реакции нитрилов, М., 1972; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 7, N. Y., 1979, p. 291–99. С. К. Смирнов.

ЦИАНАТЫ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ, содержат группу NCO . Цианаты (Ц.) бывают простые - соли *циановой кислоты* HNCO и комплексные. Молекулы Ц. относятся к *нежестким молекулам*. Координация цианат-иона с ионом металла осуществляется преим. через атом азота. Т. обр., цианаты существуют в осн. в изоформе - в виде *изоцианатов*. Название Ц. сохранилось, т. к. ранее этим соед. приписывали строение $\text{M}(\text{OCN})_n$, где М - металл. Орг. производные, содержащие группу NCO , наз. *изоцианатами*, они также существуют в изоформе. Ц. наз. также *псевдогалогенидами* (см. *Галогены*). Неустойчивость водного р-ра HNCO и склонность цианат-ионов к образованию малорастворимых двойных Ц. является препятствием в синтезе простых Ц. мн. металлов.

Ц. щелочных и щел.-зем. металлов, в отличие от Ц. тяжелых металлов, раств. в воде. Ц. аммония при нагр. разлагается с образованием мочевины, Ц. натрия слабо разлагается при 600°C в присут. Fe или Ni, давая цианид и карбонат Na, CO и N_2 . Ц. калия при $700-900^\circ\text{C}$ разлагается до KCN, в присут. CuO энергично окисляется при нагревании. Ц. щелочных металлов и аммония гидролизуются во влажном воздухе и водных р-рах с образованием карбонатов, аммиака и CO_2 . Ц. калия и натрия с минер. к-тами дают HNCO , с мочевиной - биурет $\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2$, к-рый, в свою очередь, реагируя с Ц., дает цианураты и аммиак.

Ц. щелочных и щел.-зем. металлов получают: окислением соответствующих цианидов O_2 воздуха в присут. Ni, PbO, Pb_2O_4 и др.; взаимод. мочевины с карбонатами металлов в полярных орг. р-рителях; окислением цианидов H_2O_2 в спиртово-щелочной среде; взаимод. щелочных металлов с AgNCO в ТГФ в присут. нафталина или с циануровой к-той при 550°C (LiNCO). Ц. аммония получают: взаимод. эфирных р-ров NH_3 и HNCO ; действием AgNCO на NH_4Cl или р-цией мочевины с соответствующим карбонатом.

Ц. элементов гр. IIIa–VIIa получают р-цией обмена AgNCO и галогенида соответствующего элемента в орг. р-рителе (бензол, ТГФ, этанол, ацетон и др.). Обменной р-цией ClCN и AgNCO синтезируют цианат циана NCNCO , к-рый легко подвергается гидролизу или алкоголизу:



Сплавлением PbO с мочевиной при $400-450^\circ\text{C}$ получают Ц. свинца $\text{Pb}(\text{NCO})_2$.

Для непереходных металлов известны гомолигандные анионные комплексы лишь для Ga, In, Sn и Pb, к-рые получают совместной кристаллизацией Ц. металла и Ц. тетраметиламмония или K в полярных орг. р-рителях, напр. $[(\text{CH}_3)_4\text{N}]_3[\text{Ga}(\text{NCO})_6]$. Образующиеся кристаллы, продукты хорошо раств. в полярных р-рителях. Аналогично получают гетеролигандные координа. соед. при совместной кристаллизации KNCS и соответствующих Ц. металлов в полярных р-рителях, напр. $\text{K}_3[\text{Ga}(\text{NCO})_3(\text{NCS})_3] \cdot \text{TГФ}$. Полученные комплексы хорошо раств. в ДМСО, ДМФА, этаноле (кроме комплексов Pb), плохо - в ацетоне, диэтиловом эфире.

Ц. гл. обр. используют в орг. синтезе. Из Ц. аммония и щелочных металлов получают разл. производные мочевиной к-ты и мочевины. Уретаны, семикарбазид и его производные также синтезируют с использованием Ц. калия и натрия. Ц. щелочных металлов (напр., Na) применяют в качестве добавок к смесям в произ-ве разл. защитных покрытий для металлов. $\text{Ca}(\text{NCO})_2$ используют в качестве удобрения. См. также *Калия цианат*, *Натрия цианат*.

Ц. значительно менее токсичны, чем цианиды, что используют для дезактивации последних окислением (H_2O_2 , KMnO_4) до Ц. с послед. гидролизом.

Лит.: Химия псевдогалогенидов, пер. с нем., К., 1981, с. 123–54.

С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

ЦИАНГИДРИНЫ, см. *Оксинитрилы*.

ЦИАНИДЫ, неорг. соединения, содержащие группу CN . Различают простые Ц.- соли *синильной кислоты* HCN и нек-рые др. (см. ниже) и комплексные. По характеру хим. связи между элементом и ионом CN^- делятся на ионные, ковалентные и координационные. Ц. наз. также *псевдогалогенидами* (см. *Галогены*). Орг. соед., содержащие группу CN , образуют два ряда производных - *нитрилы* и *изонитрилы*.

Молекулы простых Ц. относятся к *нежестким молекулам*. Ц. аммония, щелочных и щел.-зем. металлов - ионные соед., хорошо раств. в воде, а NaCN и NH_4CN раств. в этаноле. При повышенной т-ре Ц. щелочных и щел.-зем. металлов полностью гидролизуются. Водные р-ры Ц. вследствие гидролиза обладают сильноосновной р-цией. При технол. использовании для стабилизации в р-ры вводят в небольших концентрациях щелоч. При сплавлении или кипячении с серой или полисульфидами Ц. превращаются в тиоцианаты. Ц. щелочных металлов легко окисляются до цианатов при нагр. на воздухе или с легко восстанавливаемыми оксидами. При взаимодей. Ц. щелочных и щел.-зем. металлов с галогенами образуются галогенцианиды. Действием SO_2 при низкой т-ре на KCN получают цианосульфит калия KSO_2CN , р-р к-рого восстанавливает соли Ag и Au. Ц. щелочных металлов не изменяются при прокаливании без доступа воздуха, а Ц. щел.-зем. (особенно Ca) частично превращаются в цианиды. Ц. щелочных металлов получают взаимод. щелочей с HCN , Ц. щел.-зем. - обменными р-циями и др. способами.

Ц. подгруппы Zn - диамагнитные в-ва. Получают их при введении ионов CN^- в р-р соли соответствующего металла. Наиб. устойчив Ц. ртути $\text{Hg}(\text{CN})_2$. Он хорошо раств. в воде (в отличие от Ц. др. тяжелых металлов), этаноле, жидком NH_3 .

Среди Ц. *p*- и *d*-элементов известны Ц. подгруппы бора - $\text{Al}(\text{CN})_3$, $\text{AlH}(\text{CN})_2$, $\text{In}(\text{CN})_3$ и др., подгруппы углерода - $\text{Ge}(\text{CN})_4$, $\text{Pb}(\text{CN})_2$ и др., азота - $\text{P}(\text{CN})_3$, $\text{As}(\text{CN})_3$, $\text{Sb}(\text{CN})_3$, кислорода - $\text{S}(\text{CN})_2$, $\text{Se}(\text{CN})_2$, $\text{Te}(\text{CN})_2$ и др., а также Ц. галогенов (см. *Галогенцианиды*). Кроме этого, *p*- и *d*-металлы образуют разл. цианидные ацидокомплексы - гомо- и гетеролигандные (табл.).

Ц. металлов гр. Ib - CuCN , AgCN и др., не раств. в воде, образуются при введении ионов CN^- в водные р-ры солей. Дают устойчивые гомолигандные комплексные соед., содержащие от 2 до 4 лигандов CN^- , а также гетеролигандные

КОМПЛЕКСНЫЕ ЦИАНИДЫ

Комплекс	Центральный ион металла М
$[M(CN)_2]^-$	Cu(I), Ag(I)
$[M(CN)_3]^{n-}$	Cu(I), Ag(I), Mn(I), Ni(I), $n=2$; Zn(II), Hg(II), Cd(II), $n=1$
$[M(CN)_4]^{n-}$	Cu(II), Ag(I), $n=3$; Zn(II), Cd(II), Mg(II), Cu(II), Ni(II), Pd(II), Pt(II), $n=2$; Fe(III), Au(III), $n=1$
$[M(CN)_5]^{n-}$	Mo(IV), $n=1$
$[M(CN)_6]^{n-}$	Mn(I), $n=5$; Cd(II), V(II), Cr(II), Mn(II), Fe(II), Co(II), Ru(II), Os(II), $n=4$; V(III), Cr(III), Mn(III), Fe(III), Rh(III), Ir(III), Co(III), $n=3$; V(IV), Pt(IV), $n=2$
$[M(CN)_8]^{n-}$	Mo(IV), W(IV), $n=4$; Mo(V), W(V), $n=3$

комплексные соединения. Для металлов гр. ШБ известны Ц. лантаноидов состава $M(CN)_3$, где M—Ce, Pr, Sm, Eu, Ho, Yb и $M(CN)_2$, где M—Sm, Eu, Yb, а также комплексные Ц. урана, напр. $K_2[UO_2(CN)_4]$. Простые Ц. металлов подгруппы Ti неизвестны.

Среди Ц. металлов гр. VB наиб. известны соед. V, образующего простой Ц. и разл. комплексы с лигандом CN^- . Для Nb(V) известны только гетеролигандные координационные Ц. При взаимодействии $NbCl_5$ с HCN в диэтиловом эфире образуется $NbCl_4(CN) \cdot (C_2H_5)_2O$. Среди координац. соед. на основе цианидов Cr, Mo, W наиб. стабильны производные Cr(III), Mo(IV), W(IV) и W(V), напр. $K_3[Cr(CN)_6]$, к-рый получают действием избытка KCN на ацетат Cr(III) в водном р-ре. Для Mn(II) синтезированы Ц. смешанного типа и комплексы с мостиковой группой CN.

Для металлов семейства Fe известны простые Ц. общей ф-лы $M(CN)_2$, где M—Fe, Co, Ni, и комплексные, устойчивые в водных р-рах. Многочисленную группу соед. составляют соли гексацианоферратной(II) к-ты $H_4[Fe(CN)_6]$ (см. *Калия гексацианоферраты*), полученной в р-ре и твердом состоянии, напр.: $K_4[Fe(CN)_6]$ (желтая кровяная соль), $KFe[Fe(CN)_6]$ (р-римая берлинская лазурь) и $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ — гексацианоферрат(II) железа(III) (нерастворимая берлинская лазурь), к-рые входят в состав пигмента *железная лазурь*. Октаэдрич. парамагн. ион $[Fe(CN)_6]^{3-}$, будучи более реакционноспособным, чем диамагнитный $[Fe(CN)_6]^{4-}$, ведет себя как сильный окислитель, особенно в щелочной среде. Напр., при взаимодействии $K_3[Fe(CN)_6]$ (красная кровяная соль) с солями Fe(II) протекает окислит.-восстановит. р-ция: $Fe^{2+} + [Fe(CN)_6]^{3-} \longrightarrow Fe^{3+} + [Fe(CN)_6]^{4-}$. Образующаяся турбулентная синь, как и берлинская лазурь, отвечает, в осн., гексацианоферрату(II) железа(III). Замена одного из CN-лигандов в октаэдрич. комплексе $[Fe(CN)_6]^{4-}$ на ацидогруппу или нейтральный лиганд (H_2O , NH_3 , CO, NO) приводит к образованию гетеролигандных соед., напр. пентацианонитрозилоферрата(II) натрия (нитропруссид натрия) — $Na_2[Fe(CN)_5(NO)] \cdot 2H_2O$.

Простые Ц. платиновых металлов получены для Ru, Rh, Ir, Pd и Pt. Комплексные Ц. известны для всех платиновых металлов и характеризуются большей устойчивостью по отношению к р-циям гидролиза, окислит.-восстановит. р-циям, замещению группы CN, чем соед. Fe и Co.

Ц. в гальванотехнике используют для получения металлич. покрытий, напр. применяют $Na_2[Cu(CN)_4]$, $Na_2[Zn(CN)_4]$, $K[Ag(CN)_2]$ и др. Обработка металлич. пов-стей, напр. Ti или его сплавов Ц. при 800 °C, улучшает их мех. и антикоррозионные св-ва благодаря образованию нитридов или карбидов (см. *Цианирование*). Многие Ц., в осн. координационные, используют в качестве катализаторов ряда хим. процессов, в произ-ве пигментов, малярных, типографских красок и др. См. также *Калия цианид*, *Натрия цианид*.

Простые Ц. — сильнейшие яды, вызывают удушье вследствие паралича тканевого дыхания, что приводит к сердечной недостаточности.

Лит.: Химия псевдогалогенидов, пер. с нем., К., 1981, с. 45–122.

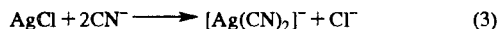
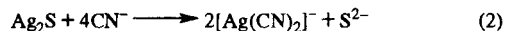
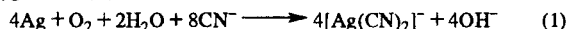
С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

ЦИАНИНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ, см. *Метиновые красители*.
ЦИАНИРОВАНИЕ, 1) насыщение поверхностных слоев стальных изделий одновременно углеродом и азотом при нагревании в расплаве, содержащем цианид, напр. цианплав, NaCN или KCN. Один из способов *химико-термической обработки* металлов. Проводят Ц. обычно в ваннах печах. При Ц. на границе

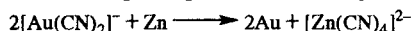
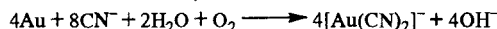
це раздела внеш. химически активной среды с пов-стью металла образуются C и N в атомарном состоянии, к-рые затем диффундируют в поверхностные слои металла. Образующиеся при этом твердые р-ры, карбидные и нитридные фазы резко отличаются по св-вам от железа. Глубина диффузии элементов возрастает с повышением т-ры и продолжительности процесса. Применяют Ц. для повышения поверхностной твердости, износостойкости и усталостной прочности стальных изделий.

Лит.: Дубинин Г. Н., в сб.: *Защитные покрытия на металлах*, в. 10, К., 1976, с. 12–17.

2) Извлечение серебра и золота из руд селективным выщелачиванием р-рами цианидов, обычно NaCN. При цианидном выщелачивании серебряных руд (содержат Ag, Ag_2S , AgCl, а также смешанные сульфиды Ag_3SbS_3 и Ag_3AsS_3) процесс состоит в растворении с образованием комплексного цианида Ag (ур-ния 1–3) и послед. осаждении Ag цинком или алюминием (ур-ния 4,5):



При цианидном выщелачивании золотых руд процесс аналогичен вышеописанному:



Для осаждения серебра и золота наряду с порошком Zn используют ионообменные смолы и активные угли.

Лит.: *Благородные металлы. Справочник*, под ред. В. М. Савицкого, М., 1984.

3) Введение цианогруппы CN в молекулу хим. соед.; способ получения *нитрилов*. Осн. методы: замещение атома H либо др. атома или группы атомов на цианогруппу; *Кольбе-реакции*; превращение ароматич. бромидов в нитрилы под действием *суCN* (Розенмунда–Брауна р-ция); присоединение HCN по кратной связи; окислительное Ц.; замена лиганда в комплексном соед. на цианогруппу.

Лит.: Мищенко Г. Л., Вацуро К. В., *Синтетические методы органической химии*, М., 1982, с. 397.

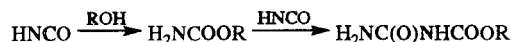
С. К. Смирнов.

ЦИАНИСТЫЙ ВОДОРОД, то же, что *синильная кислота*.
ЦИАНОВАЯ КИСЛОТА (цианатная к-та) $HOC\equiv N$, в своб. виде существует в виде изоформы (изоциановая к-та) $HN=C=O$, мол. м. 43,03; бесцв. жидкость с резким запахом, напоминающим запах уксусной к-ты; т. пл. от –81 до –79 °C, кристаллы ромбич. сингонии ($a = 1,082$ нм, $b = 0,552$ нм, $c = 0,357$ нм, $z = 4$, пространств. группа *P6₃*); т. кип. 23,5 °C; давление пара 36,13 кПа (273,16 К); $d_4^{20} 1,140$; $C_p 44,77$ Дж/(моль·К) (300 К); $\Delta H_{обр}^\circ -153,3$ кДж/моль, $\Delta H_{исп}^\circ 28,4$ кДж/моль, $S_{298}^\circ 238,5$ Дж/(моль·К). Сильная к-та, K_a (водный р-р, 25 °C) $1,9 \cdot 10^{-4}$. Образует соли, имеющие пл. обр. изостроение (см. *Цианаты неорганические*).

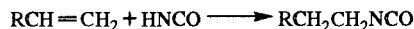
С NH_3 Ц. к. дает цианат аммония NH_4NCO , при нагревании превращающийся в мочевины $(H_2N)_2CO$. В водных р-рах Ц. к. гидролизуется:




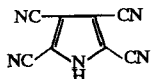
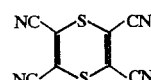
Разб. р-ры Ц. к. в диэтиловом эфире, бензоле и толуоле устойчивы в течение длит. времени. В спиртовом р-ре Ц. к. превращается в эфиры аллофановой к-ты:



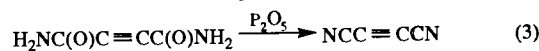
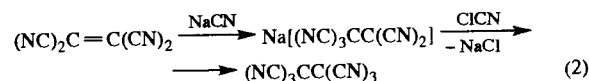
При недостатке Ц. к. продуктом р-ции является уретан. С ненасыщенными соед. образует изоцианаты:



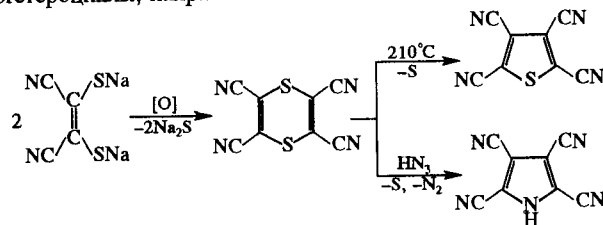
СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЦИАНОУГЛЕРОДОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. кип., °C	d_4^{20}
Дициан NCCN	52,04	-27,9	-21,2	—
Дицианоацетилен NCC≡CCN	76,057	20,5–21	76–76,5	1,017
Дицианоацетилен (NCC≡C) ₂	100,079	64,5–65,5	154	—
Тетрацианоэтилен (NC) ₂ C=C(CN) ₂	128,09	201–202	223	1,318
Тетрацианохинодиметан	204	296–298	—	—
				
Тетрацианоацетилен	167,13	203–212 (с разл.)	—	—
				
Тетрациано-1,4-дитиин	184,24	207–208 (с разл.)	—	—
				

Трицианометан (в своб. виде и в виде солей) получают из производных малонитрила (р-ция 1); гексацианоэтан – из тетрацианоэтилена (2); дицианоацетилен – обработкой диамида ацетилендикарбоновой к-ты P_2O_5 (3);



Окисление Na-соли димеркаптомалеинодинитрила приводит к тетрациано-1,4-дитиину, из к-рого получают полицианогетероциклы, напр.:



Ц. – полупродукты в орг. синтезе, нек-рые из них представляют интерес как перспективные красители. Комплексы Ц. с переносом заряда используют в электронной пром-сти в качестве полупроводников.

Многие Ц. могут отщеплять синильную к-ту, поэтому обращаться с ними надо с осторожностью.

Лит.: Зильберман Е. Н., Реакция нитрилов, М., 1972; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 677–92; The Chemistry of cyanogroup, ch. 9, N. Y., 1970, p. 423–638; Gmelin's Handbuch der anorganischen Chemie, 8 Aufl., Bd 14, 1976, S. 107–15; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 6, N. Y., 1978, p. 625–33. С. К. Смирнов.

ЦИАНПЛАВ («черный цианид»), смесь цианидов и хлоридов Na и Ca. Твердое в-во от серо-бурого до черного цвета со слабым запахом горького миндаля. В присут. влаги выделяет HCN. При действии CO_2 разлагается с образованием Na_2CO_3 . Ц. получают сплавлением цианамиды кальция $CaCN_2$ с углем и NaCl (или Na_2CO_3) в электропечах при 1500 °C. Получаемый Ц. содержит (в зависимости от сорта) от 42 до 47% цианидов в пересчете на NaCN. Регламентируются примеси

При т-ре ниже 150 °C Ц. к. полимеризуется, в осн. до линейного циамелида $\{O-C(=NH)-O-C(=NH)\}_x$ выше 150 °C – до циклич. тримера – *циануровой кислоты*.

Ц. к. обычно получают деполимеризацией очищенной циануровой к-ты (примеси м. б. причиной взрыва) при 400 °C в токе N_2 . Продукт р-ции конденсируют при –80 °C, встряхивают с P_2O_5 и Ag_2O для освобождения от следов влаги и HCN и перегоняют в глубоком вакууме. Другие методы – окисление HCN при 630–650 °C на контактной сетке из золота. Ц. к. – исходный продукт в синтезе цианатов и изоцианатов, уретанов, аллофанатов, семикарбазида и его производных. Токсична.

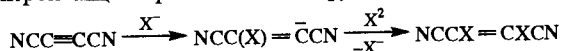
Лит.: Химия псевдогалогенидов, пер. с нем., К., 1981; Руководство по неорганическому синтезу, пер. с нем., т. 3, М., 1985, с. 694–95.

С. К. Смирнов.

ЦИАНУГЛЕРОДЫ, орг. соед., в к-рых все или почти все атомы Н углеродной цепи замещены на группы CN. Ц. относятся к полицианосоединениям. Накопление в молекуле высокополярных и не создающих пространств. затруднений цианогрупп придает соед. необычные физ. и хим. св-ва.

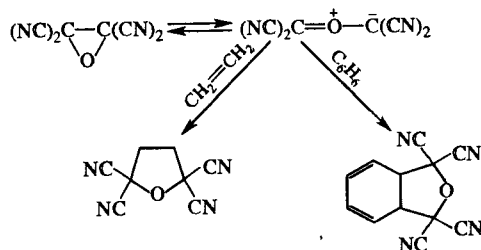
Большинство Ц. – высококипящие жидкости или кристаллич. в-ва, т-ры кипения и плавления к-рых возрастают при последоват. введении цианогрупп в молекулу (табл.). СН-Кислоты, содержащие неск. цианогрупп, по силе сравнимы с минер. к-тами, напр. для пентациано-1,3-циклопентадиена pK_a –11 (вода, 25 °C); для сравнения pK_a для HBr –9, для HI –11.

Хим. св-ва Ц. определяются способностью цианогрупп активировать др. заместители и сопряженные кратные связи. Напр., Ц. легко присоединяют галогены по кратной связи в присут. галогенид-ионов; при этом галогены ведут себя как нуклеофилы, а не электрофилы, что связано с сильными электроноакцепторными св-вами группы CN, напр.:

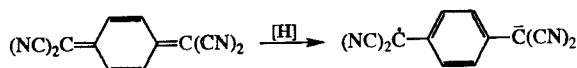


Ц. относятся к числу наиб. активных диенофилов в р-циях циклоприсоединения (см. *Тетрацианоэтилен*). Для Ц. характерно замещение цианогрупп на группы OH, OR, NH_2 и др., напр. гексацианобензол при обработке водой легко превращается в пентацианофенол (выход 95%).

Тетрацианоэтиленоксид (образуется действием H_2O_2 на тетрацианоэтилен) присоединяется к олефинам и даже ароматам с разрывом связи C–C окисленного кольца:



Благодаря суммарному электроноакцепторному действию цианогрупп Ц. проявляют высокое сродство к электрону и легко восстанавливаются с образованием устойчивых анион-радикалов, напр.:



С донорами π -электронов Ц. образуют комплексы с переносом заряда (см. *Тетрацианохинодиметан*), нек-рые из них обладают металлич. проводимостью (см. *Металлы органические*).

Для получения Ц. используют общие методы введения цианогруппы в молекулу (см. *Нитрилы*), а также специфич. методы.

358 ЦИАНУКСУСНАЯ

CaC₂ (до 2%) и S (до 1%). Используют Ц. для произ-ва цианистых соед., в гидрометаллургии благородных металлов (примесь S не более 0,7%), для цианирования сталей, борьбы с грызунами, протравливания семян, обеззараживания мельничных предприятий и фумигации разл. с.-х. культур.

Ц. очень ядовит. Токсическое действие сходно с действием HCN. При действии на кожу вызывает дерматиты и экземы. Хранят Ц. в герметичных стальных барабанах.

Лит.: Бобков С. С., Смирнов С. К., *Синильная кислота*, М., 1970. С. К. Смирнов.

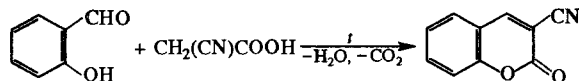
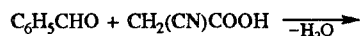
ЦИАНУКСУСНАЯ КИСЛОТА (цианэтановая к-та, мононитрил малоновой к-ты) NCCH₂COOH, мол. м. 85,06; бесцв. гигроскопичные кристаллы, т. пл. 70,9–71,0 °С; т. кип. 108 °С/15 мм рт. ст.; т. разл. 160 °С; K_a 3,38·10⁻³ (вода, 25 °С). Легко раств. в воде, этаноле и диэтиловом эфире, не раств. в алифатич. и ароматич. углеводородах; щелочные соли хорошо раств. в воде.

Хим. св-ва Ц. к. определяются наличием в ее молекуле групп CN (см. *Нитрилы*), COOH (см. *Карбоновые кислоты*) и активной метиленовой группы. При действии конц. минеральных к-т Ц. к. гидролизует до моноамида малоновой к-ты HOOCCH₂CONH₂; в разб. к-тах – до малоновой к-ты HOOCCH₂COOH; со спиртами образует эфиры NCCH₂COOR, последние при действии NH₃ дают амид Ц. к. (цианацетамид) NCCH₂CONH₂. Св-ва производных Ц. к. представлены в табл.

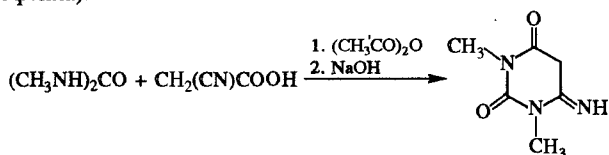
СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ ЦИАНУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Показатель	NCCH ₂ CONH ₂	NCCH ₂ COOCH ₃	NCCH ₂ COOC ₂ H ₅
Т. пл., °С	119	-22,5	-22,5
Т. кип., °С	—	203	206
d_4^{20}	—	1,1271	1,0629
n_D^{20}	—	1,4195	1,4179
Т. всп., °С	215	110	110

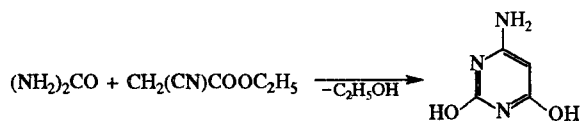
Ц. к. и ее производные вступают в р-цию с карбонильными соед. в условиях *Кнёвенагеля реакции*, напр.:



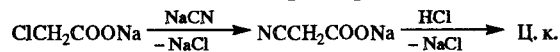
Р-ция Ц. к. и ее эфиров с мочевиной и ее производными приводит к азотсодержащим гетероциклам, напр. с 1,3-диметилмочевиной образуется 1,3-диметил-4-иминоурацил – полупродукт в синтезе пуриновых алкалоидов (теофиллина, кофеина):



Р-цией этилового эфира Ц. к. с мочевиной получают 2,4-дигидрокси-6-аминопиримидин:



В пром-сти и лаборатории Ц. к. получают взаимодей. хлор-ацетата Na с NaCN в водной среде при 80–85 °С:



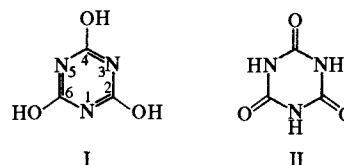
Для получения эфиров Ц. к. используют ее р-цию с избытком спирта в присут. кислотного катализатора с одновременной отгонкой воды либо р-цию эфиров хлоруксусной к-ты с NaCN или KCN. Цианацетамид получают обработкой спиртового р-ра этилового эфира Ц. к. избытком NH₃ при 10–15 °С.

Ц. к. и ее эфиры применяют в качестве исходных в-в при пром. произ-ве лек. средств (сульфамонотоксин, сульфадиметоксин, теобромин, теофиллин, кофеин, витамин B₁ и др.), цианацетамид – сырье в произ-ве *малонитрила*.

Ц. к. – горючее (т. всп. 107 °С), токсичное в-во, раздражает кожу. Для Ц. к. ЛД₅₀ 200 мг/кг, для эфиров – 500–570 мг/кг (мыши, внутрибрюшинно), для цианацетамида – 3200 мг/кг (мыши, перорально).

Лит.: Зильберман Е. Н., *Реакции нитрилов*, М., 1972; Иванский В. И., *Химия гетероциклических соединений*, М., 1978; Беликов В. Г., *Фармацевтическая химия*, М., 1985; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 15, N. Y., 1981, p. 906–07. С. К. Смирнов.

ЦИАНУРОВАЯ КИСЛОТА (2,4,6-тригидрокси-1,3,5-триазин), мол. м. 129,1; бесцв. кристаллы; т. пл. > 360 °С (с разл.); d_4^{20} 1,758; C_p 176,6 Дж/(моль·К) при 25 °С; $\Delta H_{обр}^0$ –690,8 кДж/моль, $\Delta H_{исп}^0$ 160,2 кДж/моль, $\Delta H_{гор}^0$ –918,4 кДж/моль. Р-имость в воде (г/л) при 25,50 и 90 °С соотв. 2,7 и 26; р-имость в бензоле, ДМФА, ДМСО при 25 °С соотв. 2,3, 67 и 151 г/л; не раств. в ацетоне, спиртах, диэтиловом эфире. Может существовать в виде лактимной (циануровая к-та; ф-ла I) и лактамной форм (изоциануровая к-та, или триазинтрион; ф-ла II):



Константы ионизации формы II K_1 , K_2 , K_3 (вода, 25 °С) соотв. $6,3 \cdot 10^{-7}$, $7,8 \cdot 10^{-11}$, $3,2 \cdot 10^{-14}$.

Ц. к. при нагр. выше 360 °С разлагается до циановой к-ты. При взаимодей. с NH₃ под давлением при 200–250 °С образует моноаммониевую соль, выше 250 °С – цианурамид (4-амино-2,6-дигидрокси-1,3,5-триазин, аммелид); при нагр. с HCl разлагается с выделением CO₂ и NH₃. Взаимод. Ц. к. с гидроксидными металлами I, II и IV групп приводит к одно-, двух- и трехзамещенным солям – циануратам. Цианурат Na в водном р-ре при взаимодей. с Cl₂ превращается в 1,3,5-трихлор-изоциануровую к-ту. Ц. к. под давлением при повышенной т-ре в присут. PCl₅ образует цианурхлорид (2,4,6-трихлор-1,3,5-триазин, т. пл. 154 °С). При взаимодей. с этиленоксидом, аллилхлоридом и бензилхлоридом Ц. к. превращается соотв. в 1,3,5-трис-(2-гидроксиэтил)-, триаллил- и трибензилпроизводные изоциануровой к-ты.

Получают Ц. к. гл. обр. пиролизом мочевины; другие способы получения – нагревание мочевины в присут. Cl₂, COCl₂, SO₂Cl₂, гидролиз цианурхлорида и меламина.

Определяют Ц. к. методом потенциометрич. титрования щелочи, выделившейся при осаждении меламинам Ц. к. из ее соли.

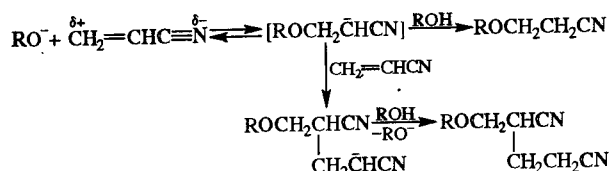
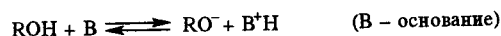
Ц. к., цианурхлорид и другие производные применяют для получения эффективных отбеливающих и дезинфицирующих ср-в, полимеров, используют в качестве фунгицидов, гербицидов, антипиренов, клеев; триаллилное производное изоциануровой к-ты – сшивающий агент и стабилизатор ПВХ.

Токсич. действие Ц. к. незначительно; производные Ц. к., напр. аминопроизводные, более токсичны. Для триаллилпроизводного изоциануровой к-ты ЛД₅₀ 438 мг/кг (мыши, внутрибрюшинно). ПДК для Ц. к. 0,5 мг/см³ (в водоемах хозяйств.-бытового пользования 6 мг/л), для цианурхлорида 0,1 мг/м³.

Лит.: Smolin E. M., Rapoport L. I., *S-Triazines and derivatives*, N. Y., 1959, p. 17–146; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 7, N. Y., 1979, p. 397–410. С. С. Рукевич, В. И. Заграничный.

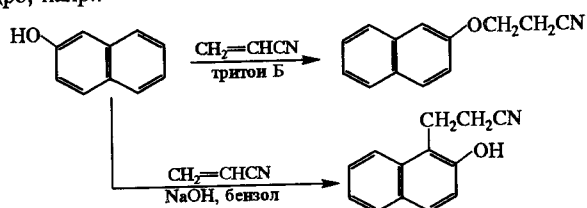
ЦИАНЭТИЛИРОВАНИЕ (β-цианэтилирование), введение в молекулу β-цианэтильной группы. Осуществляется действием акрилонитрила на спирты, фенолы, тиолы и др. соед. с подвижным атомом Н в присут. основных катализаторов (щелочи, алкоголяты и др.) в среде орг. р-рителя (бензол, ацетонитрил и др.). В нек-рых случаях катализаторами могут служить к-ты.

Ц.- частный случай *Михаэля реакции*. Ц. протекает через промежут. образование карбаниона; последний в избытке акрилонитрила способен к присоединению еще одной молекулы нитрила, напр.:



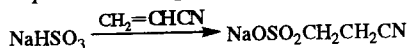
Р-ция с первичными спиртами – экзотермическая, вторичные спирты реагируют труднее первичных, третичные в обычных условиях в р-цию не вступают. Подобно одноатомным спиртам реагируют гликоли и многоатомные спирты, а также этиленциангидрин, оксимы, аминспирты. Для последних при наличии в аминогруппе свободного атома водорода р-ция идет по атому азота.

Фенолы цианэтилируются по гидроксильной группе и в адро, напр.:



Электроотрицат. группы препятствуют р-ции; так, выход продукта Ц. *n*-хлорфенола менее 10%.

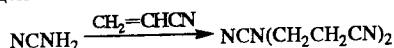
Тиолы реагируют с акрилонитрилом более энергично, чем спирты. Ц. алифатич. и ароматич. тиолов приводит к β-алкил(арил)тиопропонионитрилам $\text{RSCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$, Ц. гидросульфитов и сульфитов – к производным S(VI) :



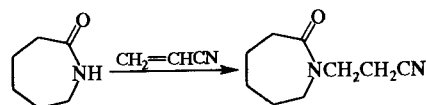
При Ц. сероводорода образуется β,β-дициандиэтилсульфид $\text{S}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CN})_2$. Аналогично реагирует вода.

Ц. аммиака в зависимости от условий приводит к продуктам моно-, ди- и трицианэтилирования (р-ция обратима). Первичные амины цианэтилируются в отсутствие катализатора, труднее идет р-ция с циклич. вторичными аминами (напр., пиперидином, морфолином) и еще труднее с ациклич. вторичными аминами. Ароматич. амины вступают в р-цию при повышенной т-ре в присут. кислот (H_2SO_4 , ледяная CH_3COOH и др.); ускоряют р-цию соли Cu , Zn , Co , Ni .

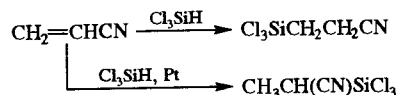
При Ц. цианамиды в присут. водной щелочи образуют продукт трицианэтилирования, обладающий сильным инсектицидным действием:



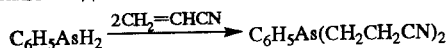
Циклич. амиды, особенно имиды, в присут. щелочей довольно легко цианэтилируются по иминогруппе:



В присут. оснований силаны реагируют с акрилонитрилом по механизму β-цианэтилирования; в присут. Pt направление р-ции меняется:



Незамещ. фосфин цианэтилируется, подобно аммиаку, Ц. первичных фосфинов и арсинов приводит к бис-β-цианэтилзамещенным соед.:



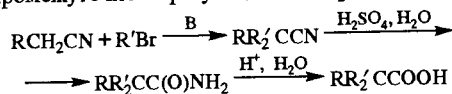
Гладко идет Ц. галогеноводородов с образованием $\text{HalCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$, синильной к-ты – с образованием сукцинонитрила $\text{NCCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$.

Ц. применяют в пром-сти для получения сукцинонитрила, а также для модификации св-в нек-рых полимеров (крахмала, целлюлозы и др.).

Лит.: Терентьев А. П., Кост А. Н., в кн.: Реакции и методы исследования органических соединений, кн. 2, М.-Л., 1952, с. 47–208; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 7, N. Y., 1979, p. 370–85.

С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

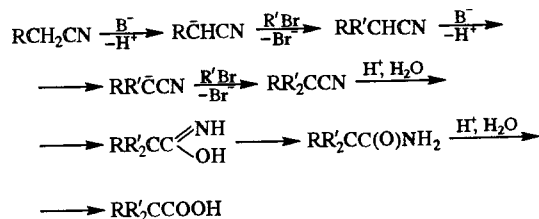
ЦИГЛЕРА РЕАКЦИИ, 1) получение триалкилуксусных к-т алкилированием нитрилов алкилуксусных к-т с послед. гидролизом промежуточно образующихся нитрилов и амидов:



В качестве оснований (В) применяют LiNR_2 или NaNH_2 , в качестве р-рителя – обычно диэтиловый эфир, ТГФ, ДМФА, NH_3 или глим. Алкилирующие агенты – первичные или вторичные алкилгалогениды. В ряде случаев стадию алкилирования проводят в условиях межфазного катализа.

Обычно к свежеприготовленному р-ру основания добавляют р-р нитрила и затем избыточное кол-во $\text{R}'\text{Br}$ (иногда реагенты вводят в р-цию поочередно частями). Образовавшийся нитрил $\text{RR}'\text{CCN}$ обрабатывают при т-ре ок. 100 °С конц. H_2SO_4 , амид – смесью NaNO_2 и H_2SO_4 или смесью $\text{C}_4\text{H}_9\text{ONO}/\text{CH}_3\text{COOH}/\text{HCl}$. Выходы 30–90%.

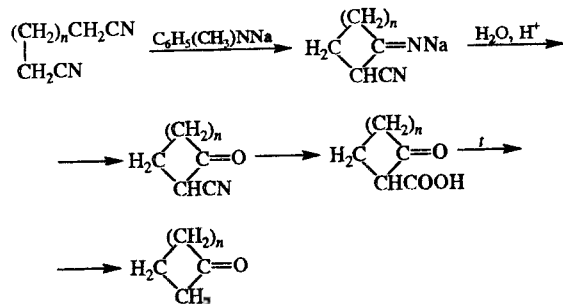
Механизм р-ции включает след. стадии:



Р-цию используют в препаративных целях. Открыта К. Циглером в 1932.

Лит.: Вацуро К. В., Мищенко Г. Л., Именные реакции в органической химии, М., 1976; Март Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1987, с. 206–09.

2) Получение макроциклич. кетонов циклизацией динитрилов под действием диорганиламидов щелочных металлов с послед. гидролизом и декарбоксилированием промежут. продуктов:



Первая стадия этой р-ции (наряду с димеризацией нитрилов) впервые изучена Торпом, поэтому такой синтез наз. также *Торпа-Циглера реакцией*.

Наиб. легко с высоким выходом в Ц. р. образуются циклы $\text{C}_5\text{--C}_7$, выходы циклич. кетонов $\text{C}_9\text{--C}_{13}$ весьма низкие (1–13%), для получения циклов $\text{C}_{14}\text{--C}_{33}$ используют спец. аппаратуру и большое разбавление (выход 60–80%). Циклы $\text{C}_3\text{--C}_4$ этим способом получить не удастся.

В р-цию вступают динитрилы, содержащие в цепи гетероатомы (N, O, S), алкильные и арильные группы. В качестве оснований обычно используют N-этиланилиды Li или Na или диалкиламиды Li, в качестве р-рителя – диалкиловые эфиры.

Обычно динитрил медленно (от 10 до 340 ч) добавляют к кипящему р-ру амида щелочного металла; полученную смесь обрабатывают избытком р-ра HCl и затем добавляют конц. HCl. Образовавшийся кетонитрил подвергают жесткому гидролизу и декарбоксилированию. Механизм циклизации динитрилов не выяснен. Ц. р. используют в препаративной практике. Реакция открыта К. Циглером в 1933.

Лит.: Schaefer J., Bloomfield J., *Organic reactions*, v. 15, N. Y., L., 1967, p. 28; Taylor E., McKillop A., в сб.: *Advances in organic chemistry*, v. 7, N. Y., 1970.

3) Полимеризация олефинов при низком давлении на комплексных катализаторах (наз. также Циглера – Натты р-цией), включающих соед. переходного металла (напр., TiCl_3) и металлоорг. соед. I–III группы периодич. системы (напр., $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$).

Р-цию осуществляют при 50–70 °C, пропуская осушенный и обескислороженный олефин через р-р комплексного катализатора в бензине, петролейном эфире или др. инертном орг. р-рителе.

Р-ция открыта К. Циглером в 1955.

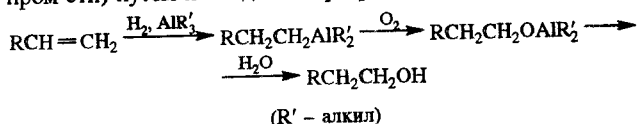
См. также *Металлокомплексный катализ, Циглера-Натты катализаторы*.

Лит.: Органикум, пер. с нем., т. 2, М., 1992, с. 400; Ziegler K. [и др.], *«Angew. Chem.»*, 1955, Bd 67, S. 426–541; там же, 1959, Bd 71, S. 623–25.

К. Циглером также открыты и разработаны др. р-ции:

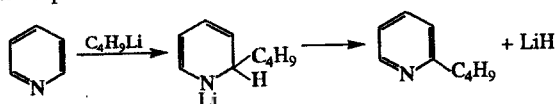
1) синтез алкильных производных алюминия действием на Al олефинов и H_2 под давлением в присут. AlX_3 (X = H, Cl, R), присоединением этилена к углеводородной цепи в Alk_3Al , пералкилированием Alk_3Al действующим олефином;

2) получение спиртов из олефинов (используется в пром-сти) путем последоват. превращений:

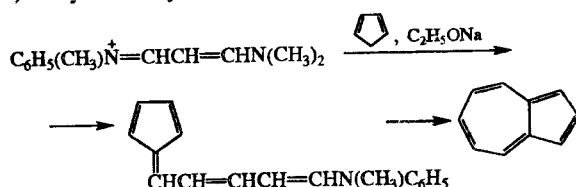


3) получение алкиллитиевых соед. действием RNa на Li в инертном р-рителе;

4) алкилирование гетероциклич. азотсодержащих соед. действием алкиллитиевых реагентов (иногда эту р-цию наз. алкилированием по Циглеру), напр.:



5) получение азулена по схеме:

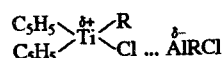


См. также *Воля-Циглера реакция*.

Г. И. Дрозд.

ЦИГЛЕРА-НАТТЫ КАТАЛИЗАТОРЫ, каталитич. комплексы, образующиеся при взаимодейств. соед. переходных металлов (TiCl_4 , TiCl_3 , VOCl_3 , $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{TiCl}_2$ и т. п.) с алкильными производными и др. соед. металлов I–III групп (AlR_3 , AlR_2Cl , LiR , MgRCl , ZnR_2 и др.); один из видов *катализаторов полимеризации*.

В состав активного центра Ц.–Н. к. входят алкилированные формы переходных металлов, находящиеся в поляризованных комплексах или ионах, напр. для комплекса $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{TiCl}_2$ с AlR_2Cl активный центр имеет вид:



При взаимодейств. олефинов с Ц.–Н. к. происходит координация мономера с алкильным производным переходного металла M и послед. его внедрение по связи M–C, M–M (см. *Металлокомплексный катализ*). Внедрение обычно протекает многократно; время одного акта внедрения составляет $10^{-4}\text{--}10^{-5}$ с; энергия активации элементарного акта 21–65 кДж/моль, константа скорости роста цепи $10^4\text{--}10^6$ л/(моль·с). Причина легкости внедрения связана с тем, что мономер, входящий в координац. сферу комплекса, за счет своих донорных св-в уменьшает энергию диссоциации связи M–C. Обрыв цепи обычно осуществляется по р-циям внутри- и межмол. диспропорционирования без образования своб. радикалов.

Ц.–Н. к. могут быть гетерогенного и гомогенного типа. Среди гетерогенных катализаторов наиб. значение имеют Ti–Mg-, V–Mg- и металлоорг. хромоценовые катализаторы. Первые два широко применяют в произ-ве стереорегулярных полиэтилена и полипропилена в суспензионном и газофазном режимах. Катализаторы представляют собой галогениды Ti и V, закрепленные на подложках, содержащих MgO , MgCl_2 или полиэтилен с привитыми фрагментами MgR и MgCl . Для эффективности таких Ц.–Н. к. существенное значение имеют дисперсный состав, величина площади пов-сти и объема пор, мех. св-ва. В катализатор обычно дополнительно вводят электронодонорные соединения, в качестве к-рых используют ряд сложных эфиров, напр. фенилбензоаты. Хромоценовые каталитич. системы применяют в произ-ве полиэтилена в газовой фазе в псевдоожигенном слое.

Для синтеза полиизопрена используют катализатор типа $\text{TiCl}_4\text{--Al}(\text{изо-C}_4\text{H}_9)_3$. В полимеризации диенов с образованием стереорегулярных каучуков активны Ц.–Н. к., содержащие соед. переходных металлов лантаноидной группы.

Распространенный тип гетерогенных катализаторов – иммобилизованные Ц.–Н. к., в к-рых активные центры закреплены на носителях – орг. или неорг. в-вах (оксид алюминия, силикагель, разл. полимеры). Повышенной стабильностью обладают гелиммобилизованные каталитич. системы, в к-рых активный центр, включающий соед. переходного металла, находится не только на поверхности, но и внутри геля, представляющего собой каучук определенного типа или др. высокомолекулярное соединение.

К гомогенным Ц.–Н. к. относятся комплексы $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{TiCl}_2$, $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{VCl}_2$ или TiOR_4 с алюминийорг. соединениями, широко применяемые для димеризации и полимеризации этилена. Гомогенные цирконоценовые катализаторы, представляющие собой комплекс ценовых, напр. пентадие-

нильных или инденильных соед. циркония с метилалюмоксаном $[\text{Al}(\text{CH}_3)_2\text{O}]_n$, позволяют получать полиэтилен и др. полиолефины. С их помощью синтезируют, в частности, полипропилен разл. стереорегулярности, в т. ч. изотактической, полиизотактической, полностью или частично синдиотактической структуры, придающей полимерам ряд ценных св-в (напр., ударопрочность). Стереоспецифичность действия таких катализаторов определяется природой переходного металла, лигандным окружением центрального атома, типом решетки катализатора и т. п. Так, полимеризация пропилена в присутствии бис-циклопентадиенилцирконийдихлорида с метилалюмоксаном приводит к атактич. полипропилену, в присут. этилен-бис-тетрагидроинденилцирконийдихлорида с метилалюмоксаном – к изотактич. полимеру.

Комплексы, образующиеся при взаимодействии $\text{Ti}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ с $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$, катализируют димеризацию этилена, комплексы NiCl_2 и $\text{Ni}[\text{P}(\text{OR})_3]_4$ с алкилгалогенидами Al – димеризацию и олигомеризацию др. олефинов. Для полимеризации ацетилена с образованием *цис*-полиацетилена (поливинилена) используют гомогенные комплексы $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$ с $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$.

По своей активности и специфичности Ц.-Н. к. близки к ферментным катализаторам, что дает возможность проводить каталитич. процессы полимеризации с высоким выходом и селективностью по основному продукту.

Лит.: Энциклопедия полимеров, т. 3, М., 1977, с. 874; Долгоплюс Б. А., Титякова Е. И., Металлоорганический катализ в процессах полимеризации, 2 изд., М., 1985; Дьячковский Ф. С., «Высокомолекулярные соединения», 1990, т. 32А, № 10, с. 2019–28; Крейцель Б. А., Некаева Л. А., «Успехи химии», 1990, т. 59, № 12, с. 2034–57. См. также лит. при ст. Катализаторы полимеризации, Металлокомплексный катализ.

Б. А. Крейцель.

ЦИКЛАМЕНАЛЬДЕГИД [цикламаль, 3-(4-изопропилфенил)-2-метилпропаналь] $4-(\text{CH}_3)_2\text{CHNC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHO}$; мол. м. 190,27; бесцв. или слегка желтоватая жидкость с сильным запахом, напоминающим запах цикламена; т. кип. 270 °С, 115 °С/5 мм рт. ст.; d_{25}^{25} 0,950; n_D^{20} 1,509–1,513; давление пара 0,5 Па; раств. в этаноле и маслах, плохо раств. в пропиленгликоле и глицерине, не раств. в воде; производные: семикарбазон, т. пл. 172–172,5 °С, 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 112 °С. В природе не найден. Получают конденсацией куминового альдегида $(\text{CH}_3)_2\text{CHNC}_6\text{H}_4\text{CHO}$ с пропионовым альдегидом и избирательным гидрированием образующегося 4-изопропил- α -метилкоричного альдегида или конденсацией кумола с диацетатом 2-метилакролеина в присут. TiCl_4 . Широко применяется при составлении разл. цветочных и фантазийных парфюм. композиций.

Т. всп. 106 °С, т. самовоспл. 362 °С, КПВ 0,26–1,84% (по объему), температурные пределы воспламенения 92–130 °С, ЛД₅₀ 5 г/кг (крысы, перорально).

Л. А. Хейфиц.

ЦИКЛИЗАЦИЯ, р-ция внутри- или межмол. образования (замыкания) цикла из ациклич. молекул либо фрагментов карбо- или гетероцикла. Ц. с образованием гетероцикла наз. также гетероциклизацией, Ц. с замыканием нового цикла на уже существующем – *аннелированием*. Разл. варианты Ц. известны как именные р-ции, напр. *Ганца синтеза*, *Кнорра реакция*, *Релле реакции*, *Скраупа реакция*, *Фишера реакция*, *Чичибабина реакция*.

Ц. может осуществляться с помощью р-ций замещения, присоединения, отщепления, а также перегруппировок. Примерами р-ций замещения могут служить внутримол. ацилирование, лактонизация (см. *Лактоны*), циклокетонизация – образование циклич. кетонов пиролизом солей дикарбоновых к-т (р-ция Ружички), разновидность таких р-ций – циклоконденсация, в результате к-рой цикл образуется из двух или неск. молекул, напр. синтез замещенных циклопропанов из 1,4-дибромолефинов и натриймалонового эфира (р-ция Ипатьева), синтез пирролов из 1,4-дикарбонильных соед. и аммиака или первичных аминов (см. *Паала-Кнорра реакция*).

Большое число р-ций Ц. основано на процессах присоединения. Наиб. типичная р-ция этого типа – превращение динитрилов в циклич. иминонитрилы (см. *Торпа-Циглера реакция*). Особую группу составляют р-ции, в основе к-рых лежит *циклоприсоединение*.

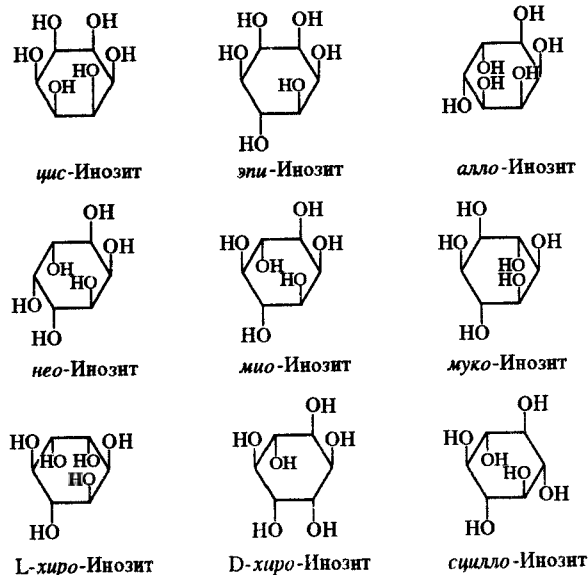
Из р-ций Ц., основанных на отщеплении, наиб. важны р-ции, идущие с элиминированием водорода – дегидроциклизация (напр., каталитич. превращение гексана в бензол), воды – циклодегидратация (напр., синтез изохинолинов по *Бишлера-Напиральского реакции*), галогеноводорода – циклодегидрогалогенирование (напр., синтез замещенных пирролидинов по *Гофмана-Лёфлера реакции*).

Примерами перегруппировок при образовании цикла служат *Демьянова перегруппировка*, перегруппировка 1,2-дивинилциклопропанов с расширением цикла и образованием 5,6-дигидроциклогептадиенов или 1,2-дивинилоксиранов с послед. образованием 4,5-дигидрооксепинов.

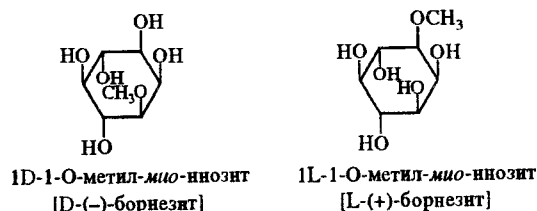
Лит.: Вацуро К. В., Мищенко Г. Л., Именные реакции в органической химии, М., 1976; Мищенко Г. Л., Вацуро К. В., Синтетические методы органической химии, М., 1982.

Л. И. Белянский.

ЦИКЛИТЫ (циклитолы), гексагидроксициклогексаны (инозиты, инозитолы; И.) и нек-рые их производные (дезоксиды, кето-, метиловые эфиры). Из 8 возможных *цис-транс*-изомеров И. 7 являются *мезо*-формами (лишены оптич. активности в результате мол. симметрии), один существует в виде D- и L-форм. Ф-лы и тривиальные назв. И. приведены на схеме:



По номенклатуре ИЮПАК положения групп HO в И. обозначают цифрами в соответствии с нумерацией атомов C; группы HO, расположенные над и под плоскостью цикла, разделяют кривой чертой; нумерацию производят так, чтобы наименьшие номера получили группы HO над плоскостью цикла. В соответствии с этими правилами *мио*-И. наз. 1,2,3,5/4,6-И. В случае замещения прохирального центра к назв. производного прибавляют обозначение конфигурации, причем наименьший номер получает хиральный центр, несущий заместитель. Нумерацию атомов цикла осуществляют по часовой стрелке для соед. L-ряда и против часовой стрелки для соед. D-ряда, напр.:



И. – бесцв. кристаллич. высокоплавкие в-ва, сладкого вкуса; хорошо раств. в воде. По хим. св-вам аналогичны ациклич. полиолам; при действии конц. HNO_3 или HI ароматизируются.

В природе обнаружены все изомеры И.; наиб. распространен *мио*-И. (*мезо*-И., часто наз. просто инозитом), к-рый известен в виде безводной формы, т. пл. 225–227 °С, и дигидрата, т. пл. 218 °С; гексаацетат, т. пл. 216 °С. Во мн. растениях найдены также *сцилло*-И., т. пл. 348 °С; *D*-*хиро*-И., т. пл. 227 °С, $[\alpha]_D^{+65}$ (вода); *D*-пинит (1*D*-4-О-метил-*хиро*-И.), т. пл. 186 °С, $[\alpha]_D^{+65,6}$ (вода); *L*-квебрахит (1*L*-2-О-метил-*хиро*-И.), т. пл. 192 °С, $[\alpha]_D^{-81}$ (вода) и др.

Биосинтез *мио*-И. заключается в превращении 6-фосфата *D*-глюкозы в 1*L*-*мио*-инозит-1-фосфат и последующем дефосфорилировании. Другие И. образуются из *мио*-И. путем эпитеризации, часто через промежут. метиловых эфиров или кетопроизводные (инозоxy).

мио-И. — универсальный компонент живых организмов; находится в них в свободном состоянии, в виде моно- и полифосфатов, входит в состав фосфоинозитидов и фосфопротеидов. Служит необходимым фактором роста для дрожжей. В растениях *мио*-И. участвует в метаболизме углеводов (в виде гликозидов) и в гормональной регуляции роста (в виде эфира с индолилуксусной к-той). Фитин (смесь Са- и Mg-солей фитиновой к-ты, т. е. гексафосфата *мио*-И.) служит распространенной формой запасания фосфата. *L*-*мио*-Инозит-1,4,5-трифосфат играет важную роль в мобилизации Са-зависимых рецепторов в животных клетках. Общее содержание *мио*-И. в теле человека составляет ок. 40 г.

Лит.: Posternak T., The cyclitols, S.F., 1965; Loewus F.A., Dickinson D.B., в кн.: Encyclopedia of plant physiology, New ser., eds. F.A. Loewus, W. Tanner, v. 13A, B., 1982, p. 193–216. А. И. Усов.

Во 2-м томе Химич. энциклопедии дана ошибочная отсылка: Маннит, см. Циклиты. Маннит (маннитол) — ациклич. многоатомный спирт. В природе найден *D*-маннит (ф-ла I); бесцв. кристаллы сладкого вкуса, т. пл. 166 °С, d_4^{20} 1,487, $[\alpha]_D^{25}$ –0,24° (вода), раств. в воде. Компонент «манны» — выделений ясеня и платана. Получают гидрированием сахарозы и из прир. источников. Применяют в пищ. и косметич. пром-сти; в медицине — как диуретик.

ЦИКЛИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ в химической технологии, характеризуются периодич. изменением во времени всех или нек-рых из определяющих процесс параметров (т-ра, давление, состав сырья и др.). Позволяют в ряде случаев повысить эффективность хим. произ-ва либо осуществить к.-л. процесс, не реализуемый в обычном, статическом режиме.

Типы режимов. Ц.р. подразделяют на стационарные и нестационарные. Стационарный Ц.р. характеризуется постоянством рабочих параметров в любом сечении аппарата, в к-ром он проводится, и периодич. изменением всех или части параметров по длине аппарата.

На рис. 1, а показана схема такого режима, в к-ром рабочее тело последовательно проходит через два аппарата, циклически изменяя свое состояние $x(t)$ под действием постоянных во времени внеш. воздействий (потоков) u^+ и u^- (t — время пребывания рабочего тела в аппарате). К этим процессам относятся циклы абсорбционно(адсорбционно)-десорбционные (см. *Абсорбция*, *Адсорбция*), классификация (см. *Сепарация воздушная*), циклы холодильных машин с циркуляцией рабочего тела (см. *Холодильные процессы*), в вибрационных экстракторах (см. *Экстракция жидкостная*) и др.

Нестационарный Ц.р. характеризуется периодич. изменением во времени всех или части рабочих параметров. В этом случае (рис. 1, б) рабочее тело периодически изменяет свое состояние во времени при периодически изменяющемся воздействии $u(t)$. Подобные режимы типичны для регенеративного теплообмена, ряда гетерогенно-каталитич. процессов (напр., *каталитический крекинг*), процессов с периодич. изменением расхода материальных потоков в ректификац. колоннах (поток флегмы при *ректификации* или *дистилляции*) и иных аппаратах (напр., *реакторах химических*), фильтровальных циклов (см. *Фильтрация*) и т. д.

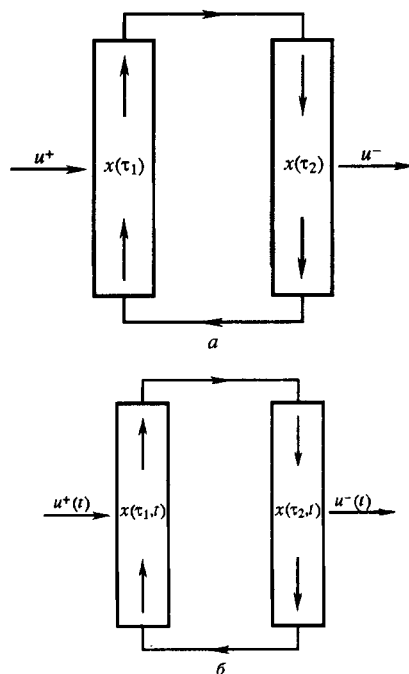


Рис. 1. Схемы стационарного (а) и нестационарного (б) циклических режимов: $x(t_1)$ и $x(t_2)$ — зависимости параметров рабочего тела x от времени пребывания t_1 и t_2 его в системе при постоянных во времени внешних воздействиях u^+ и u^- ; $x(t_1, t)$ и $x(t_2, t)$ — то же при периодически изменяющихся во времени t воздействиях $u^+(t)$ и $u^-(t)$.

Целесообразность использования и задачи расчета режимов. Широкое применение Ц. р. в хим. произ-вах объясняется мн. причинами, к основным из к-рых относятся (в порядке значимости):

1. Необходимость внедрения малоотходных и экологически чистых технологий, связанных с комплексной переработкой сырья и регенерацией промежуточных сред (см., напр., *Безотходные производства*).

2. Возможность повышения средней за цикл производительности \bar{P} аппаратов при фиксир. среднем расходе сырья $\bar{P}(\bar{v})$ по сравнению с производительностью $\bar{P}(\bar{v})$ в обычном режиме (рис. 2, а, «вогнутая кривая»). При этом часть времени цикла тот или иной аппарат должен работать с расходом сырья v_1 , а оставшееся время — с расходом v_2 . Так, технол. агрегат, изображенный на рис. 2, б, работает при среднем расходе сырья \bar{v} , а составляющие его аппараты 1 и 2 — с производительностью \bar{P} и P . Установка, напр., промежуточной емкости 3 позволяет, периодически (за время t) изменяя расход сырья $[v(t)]$, повысить производительность агрегата на величину Δ .

3. Необходимость выгрузки части продукции и обновления реакц. смеси в реакторах вследствие уменьшения скорости процессов по мере роста концентрации полезного продукта.

4. Возможность формирования температурного профиля по длине трубчатых каталитич. реакторов за счет циклич. изменений параметров входных потоков.

5. Необходимость регенерации рабочей пов-сти аппаратов (напр., очистка стенок от накипи) путем периодич. изменения скорости р-ции и состава реакц. смеси.

Возникающие при этом многообразные проблемы расчета Ц. п. можно свести к неск. основным задачам:

а) выяснение возможности проведения в циклич. режиме хим.-технол. процесса, если наложенные на него ограничения по давлениям, т-рам, составам конечных продуктов, производительностям аппаратов и т. д. часто таковы, что в статич. режиме этот процесс вообще нереализуем;

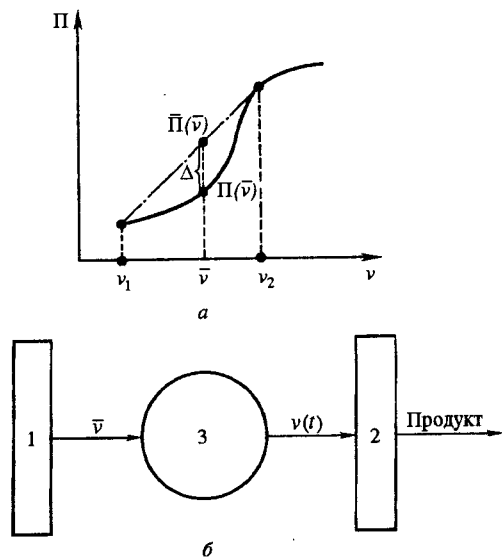


Рис. 2. Зависимость от расхода v сырья производительности Π аппаратов и ее повышение при переходе от обычного режима к циклическому (а); соответствующий этим зависимостям технологический агрегат из аппаратов 1 и 2 и промежуточной емкости 3 (б).

б) установление возможности повышения эффективности процесса при переходе от статич. режима к циклическому; оценка выигрыша в критерии оптимальности процесса (см. *Оптимизация*);

в) нахождение оптимальной формы изменений во времени т-р, давлений, расходов и иных параметров, если циклич. режим процесса более эффективен, чем статич. режим;

г) согласование работы циклически действующих аппаратов при разл. способах их соединения в технол. схеме путем установки т. наз. сглаживающих емкостей минимально возможного объема;

д) выявление предельных возможностей термодинамич. циклов теплообменных аппаратов, холодильных машин, тепловых насосов, систем газоразделения и т. д. с учетом их заданных мощностей, производительностей, пов-стей теплового контакта, коэф. тепло- и массообмена и др.

Подробные ответы на поставленные вопросы, постановка и методы решения соответствующих задач приведены в спец. литературе. Определение оптимальной формы периодич. воздействий на данную технол. систему (задача «в») представляет собой достаточно сложную проблему, решаемую методами оптимального управления. Однако специфика Ц. р. позволяет, не решая задачи «в», решать задачи «а» и «б» по критериям т. наз. нестационарности режима. Из указанных критериев, в частности, следует, что если задача об оптимальном статич. режиме оказывается «выпуклой», то переход к циклич. режиму заведомо нецелесообразен.

Задача «д» — предмет исследований оптимизац. термодинамики («термодинамики при конечном времени»); дает возможность установить, что решением этой задачи при заданной интенсивности являются процессы с миним. произ-вом энтропии.

Основные классы процессов и примеры их реализации. Рассмотрим наиб. важные классы и типичные примеры циклично организованных технол. процессов.

Процессы с поочередным контактом рабочего тела с источником вещества или энергии. Характерные примеры — процессы с термодинамич. циклами. В них, соответственно второму началу термодинамики, полученная от высокопотенциального источника энергия частично превращается в электрич. энергию, мех. работу или работу разделения, частично отдается низкопотен-

циальному источнику. Т. обр., рабочее тело периодически вступает в контакт с источником энергии, изменяя агрегатное состояние, т-ру и давление.

Процессы с регенерацией рабочего тела. Типичные примеры — процессы с системами замкнутого водоснабжения. В такой системе вода (рабочее тело) циркулирует между аппаратами, где она служит р-ителем, хладагентом и т. п., и системой регенерации, т. е. очистки от загрязнений (см. также *Охрана природы*).

Как правило, системы регенерации представляют собой системы разделения. Их использование связано с дополнит. затратами и выделением в конц. форме в-в, содержащихся в регенерируемой воде. Ее состояние $x(t)$ характеризуется вектором концентраций и т-р; параметры внеш. воздействий и выражают материальные и тепловые потоки в технол. процессе и на стадии регенерации.

Процессы с нелинейной зависимостью производительности технологич. установок (аппаратов) от расхода сырья и энергетич. потоков. Характерные примеры — обжиг в кипящем слое, процессы с использованием насосных агрегатов и др. Так, в аппарате с кипящим слоем с увеличением расхода воздуха уменьшается степень превращения сырья вследствие снижения времени пребывания частиц в реакц. зоне; с уменьшением расхода воздуха снижается производительность реактора. Периодические, синхронизированные одно с другим колебания потоков воздуха и сырья позволят повысить среднюю производительность аппарата.

Характеристику типа представленной на рис. 2, а имеют и нек-рые насосы, если Π — их производительность, а v — расход энергии. Чтобы потребитель не обнаружил изменений в работе насосов, устанавливают «сглаживающие» емкости.

Процессы, эффективность которых уменьшается с возрастанием интенсивности перемешивания. Типичные примеры — процессы биосинтеза. Одно из требований при осуществлении этих процессов — достаточно малая концентрация субстрата (питат. смеси) в конечном продукте. Гидродинамика реактора обычно близка к идеальному смешению из-за барботажных эффектов (см. *Барботирование*) и интенсивной работы мешалки, обеспечивающих подачу O_2 в любую точку аппарата. При проведении процесса в стационарном режиме идеальный смешения концентрации субстрата в объеме реактора равна концентрации частиц на выходе из него и, следовательно, скорость биосинтеза будет мала. Осуществление процесса только в периодич. режиме связано с затратами времени на загрузку и выгрузку смеси, стерилизацию аппарата, приготовление посевного материала и др. Поэтому Ц. р. с периодич. выгрузкой части продукта и заменой его субстратом часто оказывается оптимальным.

Процессы, в которых переход к циклическим режимам позволяет повысить возможности управления. Характерные примеры — процессы, осуществляемые в каталитич. трубчатых реакторах. Напр., пусть в таком реакторе можно изменять расход газа, причем каждому значению расхода соответствует свой статич. температурный профиль. Эти профили неодинаковы: в одних случаях т-ра повышается слишком быстро, что может вызвать разрушение катализатора в конце реактора; в др. случаях т-ра возрастает медленно, что уменьшает скорость р-ции в начале реакц. трубы. При циклич. изменении расхода газа удастся положительно влиять на профиль т-р не только самим значением расхода, но и формой его изменения, амплитудой и частотой колебаний. Иногда целесообразно периодически изменять как значение, так и направление подачи газа, т. е. поочередно направлять сырье в разные концы трубы, синхронно изменяя и точку отбора конечного продукта. Катализатор в циклич. процессах одновременно выполняет также роль насадки при регенеративном теплообмене.

Процессы, в которых отсутствует статический режим, удовлетворяющий технологич. ограничениям. Типичный пример — полимеризация эти-

лена в трубчатом реакторе. При полимеризации на стенках труб из-за малой скорости газа образуется пленка полиэтилена, создающая добавочное гидравлич. сопротивление потоку газа, ухудшающая тепло- и массообмен и др.; увеличение скорости газа уменьшает время пребывания этилена в реакц. зоне и степень его превращения.

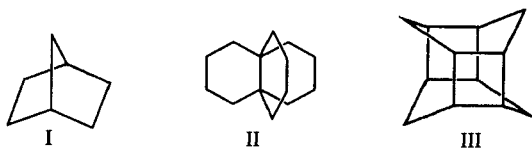
Периодич. кратковременное повышение скорости газа почти без снижения средней степени полимеризации предотвращает нарастание полимерной пленки на стенках труб. Аналогичные режимы используют для целей регенерации в процессах выпаривания, мембранного разделения, сушки и др. без остановки оборудования.

Лит.: Карапетян В.В., Кривсунов В.Н., Свечинский В.Б., Колбательные режимы управления химико-технологическими объектами, М., 1974; Матрос Ю.Ш., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1977, т. 22, № 5, с. 576–80; Цирлин А.М., Оптимальные циклы и циклические режимы, М., 1985; Автоматическое управление в химической промышленности, под ред. Е.Г. Дудникова, М., 1987; с. 230–94; Andresen B., Thermodynamics in finite time, Сph., 1990.

А. М. Цирлин.

ЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, содержат замкнутую в кольцо цепь атомов. Могут быть неорганическими (не содержат атомов С) и органическими. Неорг. циклы образуют отдельные атомы, напр. бор (см. *Боразол*), сера, а также их группировки – координац. полиэдры. При этом полиэдры могут иметь общую вершину или общее ребро (см., напр., *Силикаты*, *Фосфаты конденсированные*). Среди орг. Ц. с. различают карбоциклич. соед., в к-рых циклы состоят только из углеродных атомов (см. *Алициклические соединения*, *Ароматические соединения*), и *гетероциклические соединения*, содержащие в цикле наряду с атомами углерода один или неск. других атомов.

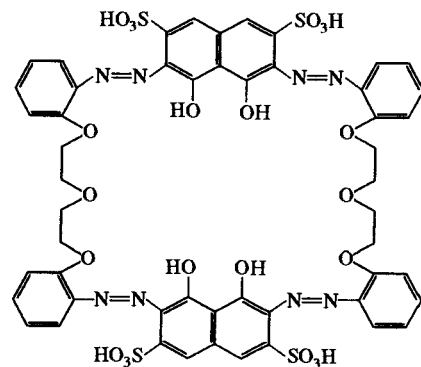
Ц. с. могут содержать один цикл (моноклические, напр. *циклоалканы*), 2, 3 и более циклов (би- и полициклические). К би- и полициклич. соед. относятся: *спиросоединения* (хотя бы одна пара циклов имеет один общий атом); *конденсированные* (сросшиеся) соед. (два соседних цикла имеют два общих атома), напр. *азулены*, *антрацен*, *нафталин*, *хинолин*; *мостиковые* соед. (содержат фрагмент, в к-ром два кольца имеют 3 и более общих атомов), напр. *борнеолы*, *камфан*, бицикло[2.2.1]гептан (норборнан, ф-ла I), к мостиковым соед. относятся также пропелланы (напоминают по форме пропеллер), напр. [4.4.4] пропеллан (II); *полиэдрические соединения* (каждый цикл связан с неск. другими по типу конденсированных или мостиковых соед.), напр. астераны (напоминают звезду; ф-ла III). Неорг. соед. могут иметь один мостиковый атом.



Особую группу Ц. с. составляют *катенаны* (2 или более циклов продеты один сквозь другой, подобно звеньям цепи), *ротаксаны* (молекулы состоят из цикла и открытой цепи, продетой сквозь цикл) и *циклофаны* (макроциклич. системы, включающие ароматич. или гетероароматич. кольца, соединенные между собой алифатич. цепочками или гетероатомами).

Хим. св-ва орг. Ц. с. определяются природой составляющих их атомов, а также содержащихся в них функц. групп. Для многих Ц. с. характерно наличие разл. конформаций (см. *Конформационный анализ*), а также напряжение цикла (см. *Напряжение молекул*).

ЦИКЛОАЗОХРОМ (ЦАХ, го-ЦАХ, гексаоксацикловозрохром), мол. м. 1149,01; синий порошок, реагент для спектрофотометрич. определения свинца. Определение проводят в 0,01–0,06 М р-ре HCl, HNO₃ или H₂SO₄. Раствор Ц. имеет синюю окраску ($\lambda_{\text{макс}}$ 640 нм), комплекса со Pb – изумрудно-зеленую ($\lambda_{\text{макс}}$ 720 нм, ϵ 1,5·10⁵). Определению не мешают Hg, Ag, As(V), Cd, Sb(III), Zn, In, тартраты, цитраты, фториды, сульфосалициловая к-та. Предел обнаружения до 2 мкг/л.



Ц. получают азосочетанием диазониевого производного бис-(2-аминофенилового) эфира с хромотроповой к-той в щелочной среде.

Лит.: Петрова Т.В. [и др.], «Ж. аналит. химии», 1988, т. 43, № 12, с. 2221–28.

А. В. Михайлова.

ЦИКЛОАЛКАНЫ (циклопарафины, полиметилены, цикланы), насыщенные моноклич. углеводороды. Ц. и их производные относятся к *алициклическим соединениям*.

По числу атомов С. в цикле Ц. делят на малые (3 или 4 атома), обычные (5–7), средние (8–12) и большие (13 и более).

Названия Ц. образуют, прибавляя префикс «цикло» к названию ациклич. неразветвленного алкана с тем же числом атомов углерода, напр. циклогексан.

Осн. природный источник Ц. – нефть (см. *Нафтен*).

Низшие Ц. – циклопропан и циклобутан – газы, остальные Ц. – жидкости или твердые в-ва (табл.), плохо раств. в воде, легко – в орг. р-рителях.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЦИКЛОАЛКАНОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С/мм рт. ст.	Энергия напряжения, кДж/моль
Циклопропан	42,08	-127,5	-32,7/760	37,7
Циклобутан	56,10	-50	12/760	28,4
Циклопентан	70,13	-93,9	49,3/760	5,0
Циклогексан	84,16	6,5	79–81/760	0
Циклогептан (суберан)	98,19	-12	118,5/760	3,7
Циклооктан	112,21	14,3	63/45	5,1
Циклононан	126,24	9,7	69/14	5,9
Циклодекан	140,27	10,8	201/760	5,0
Циклоундекан	154,30	-7,2	91/12	4,2
Циклододекан	168,32	61,6	243/760	1,25
Циклотридекан	182,35	23,5	128/20	1,7
Циклотетрадекан	196,38	54	131/11	0
Циклопентадекан	210,40	62,1	147/12	0,4

Для Ц., содержащих более одного заместителя у разных атомов углерода, возможна *цис-транс-изомерия* (см. *Изомерия*).

Кольца в Ц. (за исключением циклопропана) – неплоские. Так, циклобутан имеет слегка вспученную форму – один из углеродных атомов располагается выше или ниже плоскости, в к-рой находятся три остальных атома, циклопентан – конформацию конверта или твист-конформацию, циклогексан может существовать в двух конформациях кресла, при переходе между к-рыми (через конформацию ванны) все аксиальные заместители становятся экваториальными и наоборот (см. *Конформационный анализ*). Для циклов больших размеров число конформаций возрастает, поэтому такие соед. существуют в виде неск. взаимопревращающихся конформеров. Так, для циклогептана возможны 4 устойчивые конформации: искаженное кресло (твист-кресло), кресло, ванна, искаженная ванна (твист-ванна), для циклооктана – 11 конформаций.

Ц. менее устойчивы, чем их ациклич. аналоги. Мерой относит. устойчивости Ц. служит энергия напряжения (см. *Напряжение молекул*), значения к-рой приведены в табл. в расчете на одну связь С—С. Устойчивость Ц. увеличивается от циклопропана к циклогексану (последний — полностью ненапряженное соед.), затем падает к циклоноану и снова возрастает от циклодекана и далее в область больших циклов.

По хим. св-вам Ц., начиная от C_3 , подобны предельным алифатич. углеводородам; циклопропан по склонности к электроф. присоединению напоминает непредельные углеводороды, но пассивнее их. Ц. вступают в р-ции с изменением величины цикла, раскрытием цикла и трансаннулярной циклизации (между атомами средних циклов C_8 — C_{12}).

Получают Ц. циклизацией дигалогенидов (в осн. 3- и 4-членные циклы); гидрированием циклоалкенов или ароматич. соед.; из функционально замещенных Ц.

См. также *Циклогексан*, *Циклодекан*, *Циклопропан*.

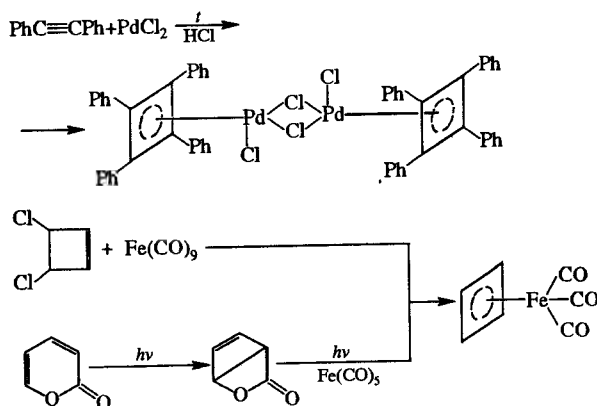
ЦИКЛОАЛКЕНЫ, то же, что *циклоолефины*.

ЦИКЛОБУТАДИЕНОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, содержат в качестве лиганда циклобутадие C_4H_4 или его замещенные. Связь металла с лигандом осуществляется по π -типу. Циклобутадиевые комплексы (Ц. к.) получены для большинства переходных металлов и содержат, как правило, один циклобутадиевый лиганд, напр. $[Mo(CO)_3(C_4H_4)]$, $[Co(C_4H_4)(C_5H_5)]$; соед. с двумя лигандами малочисленны, напр. $[Mo(CO)_2(C_4Ph_4)_2]$. Ц. к. могут быть моно- и бидерными. Получен также бис(тетрафенилциклобутадие)никель — первый сэндвичевый комплекс, содержащий только циклобутадиевые лиганды.

Циклобутадиевый лиганд имеет плоскую квадратную структуру с выравненными связями С—С (длины всех связей близки к 0,145 нм), атом металла расположен на одинаковом расстоянии от всех четырех атомов углерода кольца.

Ц. к. термически устойчивы. Связь кольца с металлом достаточно прочная. Многие р-ции протекают с сохранением этой связи, напр. электроф. замещение атомов Н в кольце (ацетилирование, хлорметилирование, меркурирование и др.), замещение др. лигандов. При окислении Ц. к. ионами нек-рых металлов (Se^{4+} , Ag^+) выделяется своб. циклобутадие. Ц. к. могут переносить циклобутадиевый лиганд с одного металла на другой (гл. обр. с Pd на Ni, Fe, Mo, W), что является одновременно и методом синтеза новых Ц. к.

Получают Ц. к. р-цией ацетиленов с производными металлов, дегалогенированием галогензамещенных циклобутанов или циклобутенов либо фотолитом α -пирона в присут. карбониллов металлов, напр.:



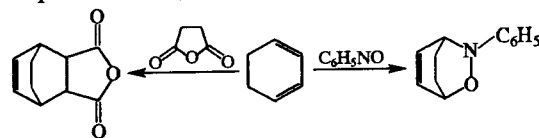
Трикарбонил(η^4 -циклобутадие)железо — источник циклобутадие в орг. синтезе.

Лит.: Методы элементоорганической химии. Типы металлоорганических соединений переходных металлов, под ред. А. Н. Несмеева, К. А. Кочешкова, кн. 2, М., 1975, с. 542—84. Д. А. Леменовский.

1,3-ЦИКЛОГЕКСАДИЕН (1,2-дигидробензол), мол. м. 80,12; бесцв. жидкость с неприятным резким запахом; т. пл.

—98 °С, т. кип. 80,5 °С, d_4^{20} 0,8405, n_D^{20} 1,4736; раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, не раств. в воде. Образует азеотропные смеси с водой (т. кип. 68,9 °С, 91% Ц. по массе), циклогексаном (79 °С, 45% Ц.), уксусной к-той (80 °С, 98% Ц.).

Обладает хим. св-вами *диеновых углеводородов*. В присут. катализаторов легко гидрируется и дегидрируется с образованием циклогексана и бензола соотв. В присут. Pt или Pd самопроизвольно превращается в смесь бензола и циклогексана (2:1). В присут. кислотных катализаторов легко полимеризуется. С диенофилами (напр., с малеиновым ангидридом или нитрозобензолом) вступает в р-цию диенового синтеза:



Получают Ц. дегидрогалогенированием 3-хлорциклогексана в присут. диметиланилина либо 1,2-дибромциклогексана в присут. изопропилата натрия в р-ре тригиля при 110 °С; Ц. образуется также при димеризации 1,4-циклогексадиена.

А. А. Братков.

ЦИКЛОГЕКСАН, мол. м. 84,16; бесцв. жидкость с характерным запахом; т. пл. 6,5 °С, т. кип. 79—81 °С; d_4^{20} 0,7785, n_D^{20} 1,4262; $t_{\text{кип}}^{20}$ 281 °С, $p_{\text{кип}}$ 4110 кПа, $d_{\text{жид}}^{20}$ 0,7218 г/см³; η 1,0217 мПа·с (20 °С); γ 25,3 мН/м (20 °С); давление пара 16,21 кПа (30 °С); ур-ние температурной зависимости давления пара (мм рт. ст.): $\lg p = 6,840 - 2766,63/(T - 50,50)$; C_p^0 156,48 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 31,1 кДж/кг, $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 358 кДж/кг (80 °С), $\Delta H_{\text{обр}}^0$ —156,23 кДж/моль, S_{298}^0 204,35 Дж/(моль·К), ϵ 2,03. Не раств.

в воде, смешивается со спиртами, простыми и сложными эфирами, хлорид, углеводородами, аминами, жирными к-тами. Образует азеотропные смеси с водой (т. кип. 69 °С, 96,1% Ц. по массе), бензолом (77,5 °С, 45% Ц.).

При обычных т-рах молекула Ц. существует в виде двух кресловидных конформаций, быстро переходящих одна в другую. Длины связей (нм): 0,15 (С—С), 0,11 (С—Н), угол CCC 111,4°.

Ц. содержится в нефтях (0,9—1,5% по массе).

По хим. св-вам Ц. — типичный представитель *циклоалканов*. При жидкофазном окислении воздухом при 142—145 °С и 0,7 МПа образует смесь циклогексанола и циклогексанола. Нитрование 30%-ной HNO_3 или NO_2 приводит к нитроциклогексану, при действии более конц. HNO_3 окисляется до адипиновой к-ты, нитрозирование Ц. $NOCl$ приводит к циклогексанонитрокси (полупродукту в произ-ве капролактама). При дегидрировании Ц. над Ni, мелкоизмельченной Pt или Pd образуется бензол (в присут. Pd р-ция обратима), при действии брома — гексабромбензол, при хлорировании — хлорциклогексан с примесью полихлорпроизводных, при действии иода — бензол. При нагр. до 30—80 °С над $AlCl_3$ Ц. изомеризуется в метилциклопентан. Пиролиз Ц. при 450—600 °С дает смесь насыщ. и ненасыщ. углеводородов.

Получают Ц. гидрированием бензола в жидкой фазе над Ni-Ренея при 150—250 °С и 1—2,5 МПа (выход 99%), а также выделяют ректификацией из нефтепродуктов.

Ц. — сырье в орг. синтезе, р-ритель эфирных масел, восков, лаков, красок и др., экстрагент в фармацевтич. пром-сти.

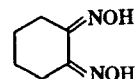
Ц. раздражает дыхат. пути. ПДК в атм. воздухе 1,4 мг/м³. Т. всп. —20 °С, т. самовоспл. 260 °С, КПВ 1,3—8% (по объему).

Лит.: Петров А. А., Химия нефтеков, М., 1971, с. 27—29; Kirk — Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 12, N. Y., 1980, p. 931—37. М. В. Арансон.

1,2-ЦИКЛОГЕКСАНДИОНДИОКСИМ (ниоксим), бесцв. кристаллы; т. пл. 187—189 °С; раств. в воде (8,2%), хлороформе, этаноле, плохо раств. в др. орг. р-рителях; pK_a 10,70, 12,16; разлагается минер. к-тами.

Получают Ц. действием NH_2OH на 1,2-циклогександион.

Ц. — реагент для гравиметрич. и экстракционно-фотометрич. определения Ni(II) (при рН



3–11), с к-рым он образует внутримолекулярное соединение. Комплекс Ц. с Ni экстрагируется неводными р-рителями, что позволяет определять ультрамалые кол-ва Ni (λ 265 нм, ϵ 3,57·10³; предел обнаружения 0,01 мкг/мл).

Ц. применяют также для гравиметрич., спектрофотометрич. и амперометрич. определения Pd(II).

Наряду с Ц. в качестве реагентов в аналит. химии используют его производные – 4-метил- и 4-изопропил-1,2-циклогександиоксиды. Эти реагенты м.б. использованы для гравиметрич. определения Ni и Pd и фотометрич. определения Ni (их комплексы с Ni лучше раств. в орг. р-рителях, чем комплекс Ni с Ц.).

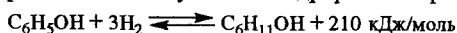
Лит.: Савостина В.М. [и др.], «Ж. неорг. химии», 1964, т. 9, № 1, с. 80.

ЦИКЛОГЕКСАНОЛ, мол. м. 100,16; маслянистая бесцв. жидкость; в чистом виде – гигроскопич. кристаллы с запахом камфоры и сивушного масла; т. пл. 25,1 °С (осн. модификация кристаллич. Ц. – кубическая: $a = 0,883$ нм, $z = 4$, пространств. группа $Fm\ 3m$; т. кип. 161,1 °С; d_4^{20} 0,9624; n_D^{20} 1,4641; η 4,6 мПа·с (25 °С); γ 33,47 мН/м (30 °С); μ 6,34·10⁻³⁰ Кл·м; $\Delta H_{пл}^0$ 1,783 кДж/моль; $\Delta H_{исп}$ 60,2 кДж/моль (25–60 °С); ΔH возгонки 60,8 кДж/моль (0–25 °С); $\Delta H_{гор}^0$ –3517 кДж/моль; $\Delta H_{гор}^0$ –294,5 кДж/моль; теплопроводность 0,136 Вт (м·град) (20 °С); ϵ 15,0 (25 °С). Р-имость Ц. в воде 4,3% по массе, воды в Ц. 12,6%, неограниченно смешивается с CO₂ при 21–26 °С и 6,4 МПа, раств. в большинстве орг. р-рителей.

Ц. образует азеотропные смеси (т. кип. смеси в °С; содержание Ц. в % по массе): вода (97,9; 21), фенол (128,9; 11), фурфурол (156,4; 45), кумол (150,0; 28), о-ксилол (142,8; 13), м-ксилол (138,7; 5), п-ксилол (137,8; 30), анизол (152,4; 30), циклогексанон (119,6; 12 и 91; 17 при давлении соотв. 300 и 100 мм рт. ст.).

По хим. св-вам обладает всеми характерными св-вами вторичных спиртов. При окислении (напр., HNO₃, KMnO₄) превращается в адипиновую к-ту, циклогексанон и низшие моно- и дикарбоновые к-ты; при дегидрировании дает циклогексанон.

Осн. пром. способ получения – гидрирование фенола:



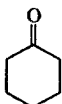
Процесс осуществляют в паровой фазе при 130–150 °С и давлении 1,5–2,5 МПа в присут. Ni–Cr/Al₂O₃; молярное соотношение водород: фенол [(20–40):1], выход 98–99%.

Ц. – полупродукт в произ-ве адипиновой к-ты и циклогексанона; р-ритель масел, восков, полимеров, красителей; стабилизатор эмульсий, смазочных масел, кремов; противопениватель и гомогенизирующее средство, напр. в дезинфицирующих препаратах; матирующее средство для хим. волокон; добавка при азеотропном обезвоживании гидразина.

Т. всп. 67,2 °С, т. воспл. 440 °С, КПВ 1,52–11,1% (по объему), ПДК в атм. воздухе 0,06 мг/м³, в воде водоемов 0,5 мг/л.

Лит.: Производство капролактама, под ред. В.И. Овчинникова, В.Р. Учинского, М., 1977, с. 35–40, 246. П. А. Лупанов.

ЦИКЛОГЕКСАНОН, мол. м. 98,14; маслянистая бесцв. жидкость с запахом ацетона и мяты; т. пл. –16,4 °С (в кристаллич. состоянии существует в двух модификациях: орторомбич. – $a = 1,038$ нм, $b = 0,734$ нм, $c = 0,1509$ нм, $z = 8$, пространств. группа Qh_1 , к-рая переходит в кубическую – $a = 0,863$ нм, $z = 4$; т-ра фазового перехода –53,8 °С, ΔH перехода 8,66 кДж/моль; т. кип. 155,7 °С, 47 °С/15 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,9478; n_D^{20} 1,4510; $t_{криг}$ 356 °С, $p_{криг}$ 3,73 МПа; η 2,36 мПа·с (20 °С); γ 34,5 мН/м (20 °С); μ 9,3397·10⁻³⁰ Кл·м; у-рие температурной зависимости давления пара (мм рт. ст.) в интервале 1–156 °С: $\lg p = 6,33089 - 1670,009/(230,312 + t)$; давление пара 0,666 кПа (25 °С), 26,66 кПа (100 °С); $\Delta H_{пл}^0$ 1,328 кДж/моль; $\Delta H_{исп}$ 51,16 кДж/моль (50 °С); 48,40 кДж/моль (100 °С); $\Delta H_{гор}^0$ –3344 кДж/моль; $\Delta H_{гор}^0$ –227,6 кДж/моль; S_{298}^0 330,5 Дж/моль·К; ϵ 18,2. Р-имость Ц. в воде 9,9% (по объему), р-имость воды в Ц. 5,8%. Ц. образует азеотропные смеси (т. кип. смеси в °С; содержание Ц. в %



температурной зависимости давления пара (мм рт. ст.) в интервале 1–156 °С: $\lg p = 6,33089 - 1670,009/(230,312 + t)$; давление пара 0,666 кПа (25 °С), 26,66 кПа (100 °С); $\Delta H_{пл}^0$ 1,328 кДж/моль; $\Delta H_{исп}$ 51,16 кДж/моль (50 °С); 48,40 кДж/моль (100 °С); $\Delta H_{гор}^0$ –3344 кДж/моль; $\Delta H_{гор}^0$ –227,6 кДж/моль; S_{298}^0 330,5 Дж/моль·К; ϵ 18,2. Р-имость Ц. в воде 9,9% (по объему), р-имость воды в Ц. 5,8%. Ц. образует азеотропные смеси (т. кип. смеси в °С; содержание Ц. в %

по массе): вода (96,3; 45), кумол (152; 65), циклогексанол (119,6; 88 при 300 мм рт. ст.).

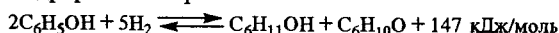
Для молекулы Ц. наиб. предпочтительна конформация кресла, при комнатной т-ре в равновесной смеси присутствует 1–12% Ц. в конформации ванны. Величина инверсионного барьера 16,7 кДж/моль.

По хим. св-вам Ц. – типичный представитель кетонов. Кислородом воздуха или HNO₃ окисляется до адипиновой к-ты и низших моно- и дикарбоновых к-т, при окислении надуксусной к-той образуется капролактон; при кипячении с (CH₃CO)₂O – циклогексенацетат, при действии CH₂N₂ – циклогептанон, в присут. безводных минер. к-т на холоду или щелочей при 100–150 °С – 4-циклогексиденциклогексанон.

В пром-сти Ц. получают окислением циклогексана O₂ воздуха при 140–165 °С и давлении 0,9–1,6 МПа в присут. нафтената или стеарата Со (0,25–2 г на 1 т циклогексана). Степень превращения циклогексана за один проход 4–5%.

Другой пром. способ получения Ц. – дегидрирование циклогексанола в паровой фазе при т-ре выше 220 °С и атм. давлении (в этих условиях равновесие р-ции сдвинуто в сторону Ц.) в присут. смешанных цинкхромовых (360–380 °С), медномagneзиевых (240–260 °С) или промотир. медно-цинкхромомagneзиевых (240 °С) катализаторов; степень превращения за один проход соотв. 60–65, 50 и 50%.

Ц. получают также совместно с циклогексанолом каталитич. гидрированием фенола:



Процесс осуществляют в газовой фазе при 120–140 °С и 0,3 МПа в присут. Pd/Al₂O₃ при молярном соотношении водород: фенол [(5–10):1]. Образующую смесь Ц. (88–95%), циклогексанола (5–6%), непрореагировавшего фенола (1–2%) разделяют ректификацией.

Ц. применяют в произ-ве адипиновой к-ты, в качестве полупродукта в произ-ве ϵ -капролактама, р-рителя нитратов и ацетатов целлюлозы, жиров, восков, прир. смол, поливинилхлорида, основных красителей; компонент средств для выведения пятен от краски.

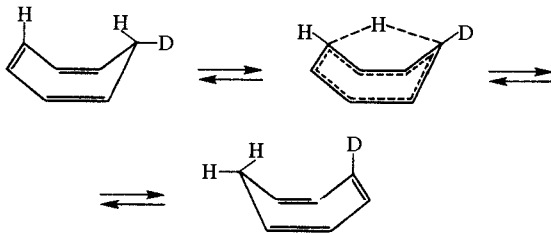
Т. всп. 33,9 °С, т. самовоспл. 452 °С, КПВ 0,9–9,0% (по объему), ПДК в атм. воздухе 0,04 мг/м³, в воде водоемов 0,2 мг/л, ЛД₅₀ 2,78 г/кг (мыши, перорально).

Лит. см. при ст. Циклогексанол.

П. А. Лупанов.

1,3,5-ЦИКЛОГЕПТАТРИЕН (тропилиден; ф-ла I), мол. м. 91,13; бесцв. жидкость, т. пл. –78,45 °С, т. кип. 115,5 °С, d_4^{20} 0,9105, n_D^{25} 1,5208. Ц. представляет собой смесь неплоских конформеров, находящихся в гл. обр. в форме ванны.

При 100–140 °С Ц. претерпевает изомеризацию, сопровождающуюся 1,5-трансаннулярным перемещением водорода:



Ц. проявляет св-ва ненасыщ. соед.: он неустойчив, на воздухе легко окисляется и полимеризуется, бромруется. В двухфазной водно-орг. среде в присут. β -циклодекстрина в качестве межфазного катализатора и аниона гидридопента-аноксальтата гидрируется до циклогептана. Окисление KMnO₄ и водно-спиртовой щелочью приводит к трополону (см. Трополон), окисление H₂C₂O₇ – к бензальдегиду.

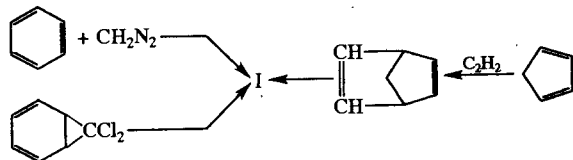
Ц. вступает в р-ции циклоприсоединения (возможно 1,2-, 1,4- и 1,6-присоединение), в частности в р-цию диенового синтеза с разл. ненасыщенными орг., фосфорорг. и сераорг.

соед. Аддукт Ц. с малеиновым ангидридом (т. пл. 104–105 °С) применяют для идентификации Ц.

Ц. легко отщепляет гидрид-ион с образованием иона тропилия (см. *Тропилия соединения*), при взаимодействии с бензолом в присут. $\text{Pd}(\text{OAc})_2$ дает 1-фенил-1,3,5-циклогептатриен, при взаимодействии с ароматическим диазосоед. — 7-арилпроизводное. В жидком SO_2 Ц. превращается в $\text{PhCH}_2\text{SO}_2\text{H}$.

Ц. образует комплексы со многими переходными металлами, координируясь в зависимости от природы металла и др. лигандов по σ - и π -типам. Комплексы $(\eta^6\text{-C}_7\text{H}_8)_2\text{M}$, получающиеся при конденсации паров металлов с Ц., легко изомеризуются в $(\eta^7\text{-C}_7\text{H}_7)(\eta^5\text{-C}_7\text{H}_5)\text{M}$, где $\text{M} = \text{Mo}, \text{Cr}$ и др.

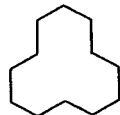
Получают Ц. циклоприсоединением карбенов, генерированных из диазометана, к бензолу в присут. комплексов Cu или Rh . Ц. образуется также при пиролизе 7,7-дихлорноркорана при 550 °С и давлении 16 кПа; из бициклического углеводорода, получаемого из ацетилена и цикlopentadiена:



Ц. впервые получен А. Ладенбургом в 1881. Строение установили Р. Вильштеттер и Ф. Тиле в 1901.

Лит.: Вольпин М.Е., «Успехи химии», 1960, т. 29, в. 3, с. 298–363; Джемилев У.М. [и др.], «Изв. АН СССР. Сер. хим.», 1991, № 5, с. 1063–69; Mash K. [а.о.], «Tetrahedron», 1984, в. 40, № 17, р. 3295–3303; Kao J., «J. Amer. Chem. Soc.», 1987, в. 109, № 13, р. 3818–29; Saito K., «J. Organomet. Chem.», 1988, в. 338, № 2, р. 265–68; Green J.C. [а.о.], «J. Chem. Soc.», 1991, № 2, р. 173–180. Г.Д. Коломникова.

ЦИКЛОДЕКАН (декаметилен), мол. м. 168,32; прозрачные бесцв. кристаллы; т. пл. 61–63 °С, т. кип. 243 °С, 118 °С/18 мм рт. ст.; d_4^{25} 0,8340; n_D^{25} 1,4550; η 2,0 мПа·с (70 °С); $\Delta H_{\text{гор}}^0$ —660,3 кДж/моль (в расчете на группу CH_2), $\Delta H_{\text{обр}}^0$ —60 кДж/моль. Не раств. в воде, раств. в диэтиловом эфире, бензоле. Молекула Ц. неплоская, наиб. вероятная, энергетически выгодная конформация — деформир. «корона». Кристаллич. решетка триклинная ($a = 0,784$ нм, $b = 0,544$ нм, $c = 0,782$ нм, $\alpha = 81^\circ 42'$, $\beta = 64^\circ$, $\gamma = 81^\circ$, $z = 1$).



Ц. относится к слабонапряженным карбоциклическим соед. ($\Delta H_{\text{гор}}^0$ в расчете на группу CH_2 лишь на 1,3 кДж/моль выше, чем у алканов). Напряжение молекулы Ц. обусловлено гл. обр. деформацией валентных углов (некоторые углы CCC в Ц. достигают 117° против нормального значения $109^\circ 28'$). Меньший вклад в общее напряжение вносят прелоговское и питецеровское напряжения (см. *Напряжение молекул*).

Ц. — относительно устойчивое соед. Взаимодействие с галогенами приводит к последоват. замещению атомов H на галоген. Ц. не реагирует с галогеноводородными к-тами даже при нагреве до 250 °С. При действии H_2 в присут. Pt или Ni изомеризуется с сужением цикла. Такая же изомеризация происходит в присут. AlCl_3 или под воздействием высоких т-р. При окислении Ц. KMnO_4 либо минер. к-тами образуется 1,10-декадикарбоновая к-та, при окислении O_2 воздуха в жидкой фазе в присут. переходных металлов или соед. бора — смесь продуктов с преимущественным содержанием циклодеканола. Последний через ряд последоват. р-ций (дегидрирование на меднохромовом кат. и послед. превращение продукта р-ции в оксим, перегруппировка Бекмана в присут. конц. H_2SO_4 , гидролитич. полимеризация) превращается в полидеканамид $[\text{—NH}(\text{CH}_2)_{10}\text{CO—}]_n$ — термопласт (мол. м. 15 000–35 000, т. пл. 178–180 °С, d_4^{20} 1,02; не раств. в воде, низших спиртах, муравьиной к-те, устойчив в маслах, жирах, разбавленных к-тах и р-рах щелочей).

В промышленности Ц. получают с количеств. выходом гидрированием *цис, транс, транс*- или *транс, транс, транс*-1,5,9-циклодекатриенов (продуктов циклотримеризации бутадиена) в

присут. Ni, Co, Cu, Pd или др. катализаторов на носителях (Al_2O_3 , SiO_2 , уголь) при 20–25 °С и давлении 1–30 МПа.

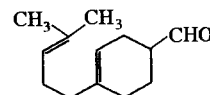
Известен способ получения Ц. гидрированием на гетерогенных катализаторах углеводородной фракции C_4 пиролиза нефтепродуктов, содержащей 35–40% (по массе) бутадиена.

Ц. — полупродукт для получения полидеканамидов (компонент антифрикционных, конструкционных и электроизоляционных изделий, напр. вкладышей подшипников, деталей точных измерит. приборов), 1,10-декадикарбоновой к-ты (сырье для получения полиамидных волокон типа модифицир. нейлона, смазок, пластификаторов), а также для получения циклодеканола и циклодеканона.

Ц. пожароопасен, т. восп. 95 °С, т. воспл. 105 °С, т. самовоспл. 350 °С.

Лит.: Илнел Э., *Стереохимия соединений углерода*, пер. с англ., М., 1965; *Справочник нефтехимика*, под ред. С.К. Огородникова, т. 1, Л., 1978, с. 18. В.Я. Кузель.

ЦИКЛОНАЛЬ [мирак-альдегид, эмпеталь, 4-(4-метил-3-пентенил)-3-циклогексенкарбальдегид], мол. м. 192,30; бесцв. или слегка желтоватая маслянистая жидкость, обладает запахом цветов с оттенком свежей зелени; т. кип. 142–144 °С/8 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,943; n_D^{20} 1,491–1,492; раств. в этаноле и маслах, не раств. в воде. Получают диеновым синтезом из мирцена и акролеина. Душистое в-во в парфюмерии. Л.А. Хейфиц.



ЦИКЛОНЫ, устройства для отделения твердых частиц от газа; центробежные пылеуловители (см. *Пылеулавливание*), конструктивные элементы к-рых обеспечивают вращат.-поступат. движение газового потока.

Принципиально Ц. работает по след. схеме (рис. 1). Обеспыляемый газ поступает в образующую кольцевое пространство аппарата цилиндрич. часть, где движется по спирали с возрастающей скоростью от периферии к центру, спускается по наружной спирали, затем поднимается по внутр. спирали и выходит через выхлопную трубу. Под действием центробежной силы частицы пыли отбрасываются к стенке Ц. и вместе с частью газа попадают в бункер. Часть осевободившегося от пыли газа возвращается из бункера в Ц. через центр пылеотводящего отверстия, давая начало внутр. вихрю.

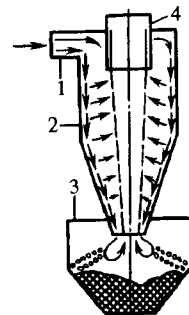


Рис. 1. Схема течения газовых потоков в циклоне: 1, 4 — входной и отводящий патрубки; 2 — корпус; 3 — пылевой бункер.

Отделение частиц от попавшего в бункер газа происходит при перемене направления их движения на 180° под действием сил инерции. По мере движения данной части газа в сторону выхлопной трубы к ним присоединяются порции газа, не попавшего в бункер. Это не вызывает существ. увеличения выноса пыли в трубу, т.к. распределенное на довольно большой отрезке длины Ц. перетекание газа происходит со скоростью, недостаточной для противодействия движению частиц к периферии аппарата. Значительно большее влияние на полноту пылеулавливания оказывает движение газа в области пылеотводящего отверстия. Поэтому частицы чрезвычайно чувствительны к подсосам газа через бункер из-за увеличения объема потока, движущегося навстречу улавливаемой пыли. Отсюда видна важная роль бункера при осаждении частиц пыли в Ц.; использование таких аппаратов без бункеров или с бункерами уменьшенных размеров приводит к снижению эффективности пылеулавливания.

Конструкции Ц. весьма разнообразны. На рис. 2 представлены осн. виды циклонных пылеуловителей. Ц. различаются по способу подвода газа, к-рый м. б. спиральным (рис. 2,а), тангенциальным, или обычным (рис. 2,б), винтообразным (рис. 2,в) и осевым; Ц. с осевым (розеточным) подводом газа работает как с возвратом газа в верх. часть аппарата (рис. 2,з), так и без него (рис. 2,д). Аппараты последнего типа (т. наз.

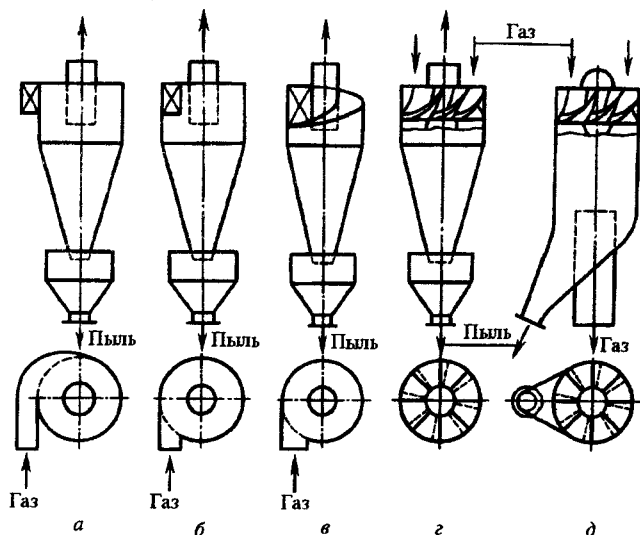


Рис. 2. Основные виды циклонов: а – спиральный; б – тангенциальный; в – винтообразный; г – розеточный с возвратом газа; д – розеточный прямооточный.

прямоточные Ц.) отличаются низким гидравлич. сопротивлением и меньшей по сравнению с Ц. иных типов эффективностью пылеулавливания. Простота конструкции прямоточных Ц. облегчает нанесение на них футеровки, что позволяет применять эти аппараты для осаждения крупных абразивных частиц пыли.

Гидравлич. сопротивление Ц. Δp (Па) рассчитывают по ф-ле:

$$\Delta p = \frac{1}{2} \xi v^2 \rho_r \quad (1)$$

где ξ – коэф. гидравлич. сопротивления; v – скорость газа в произвольном сечении, относительно к-рого вычислен ξ (обычно определяют для наиб. сечения, характеризующего диаметром D); ρ_r – плотн. газа.

Несмотря на кажущуюся простоту Ц., протекающие в них гидродинамич. процессы достаточно сложны и не поддаются аналит. решению без ряда допущений. Поэтому в условиях преобладающей роли в Ц. центробежного механизма осаждения самый простой и надежный метод расчета эффективности η работы Ц. базируется на применении критериальной зависимости:

$$\eta = f(Stk, \xi), \quad (2)$$

где $Stk = d_p^2 \rho_p v / 18 \mu D$ – критерий Стокса; d_p и ρ_p – диаметр и плотн. частиц пыли; μ – динамич. вязкость газа.

Из выражения (2) м. б. получена общая ф-ла:

$$d_{50} = 14,5 \cdot 10^{-5} \xi^{-0,51} \sqrt{D \mu / v \rho_p} \quad (3)$$

где d_{50} – диаметр частиц, улавливаемых в Ц. с эффективностью $\eta = 0,5$.

Фракционная эффективность пылеулавливания в Ц. подчиняется обычно логарифмически-нормальному закону распределения улавливаемых частиц по размерам. Поэтому η отвечает интегралу вероятности, табличное значение к-рого находится в зависимости от величины

$$x = [\lg(d_p / d_{50})] \sqrt{\lg^2 \sigma_x + \lg^2 \sigma_\eta},$$

где $\lg \sigma_x$ и $\lg \sigma_\eta$ – дисперсии распределения частиц по размерам и фракционной эффективности пылеулавливания ($\lg \sigma_\eta \approx 0,35$); d_m – т. наз. медианный диаметр частиц пыли.

В пром. практике Ц. принято разделять на высокоэффективные и высокопроизводительные. Аппараты первого типа требуют больших затрат на очистку газа; Ц. второго типа имеют небольшое гидравлич. сопротивление, но хуже улавливают мелкие частицы. Широкое применение находят цилиндрич. и конич. Ц. НИИО-газ. Цилиндрич. аппараты отличаются удлиненной цилиндрич. частью и винтовым подводом

газа; коэф. ξ относительно невысок (75–245). Конич. аппараты имеют длинную конич. часть, спиральный входной патрубок и малое отношение диаметров выходной трубы и корпуса (0,34 или 0,22), характеризуются высоким коэф. ξ (1150 или 1200). Цилиндрич. аппараты относятся к высокопроизводительным Ц. с диаметром не более 2 м, конические – к высокоэффективным с диаметром до 3 м.

Групповые Ц. При больших расходах очищаемого газа применяют групповую компоновку аппаратов. Это позволяет не увеличивать диаметр Ц., повышает эффективность пылеулавливания. Группа Ц., составленная обычно из цилиндрич. аппаратов, имеет общие коллектор загрязненного газа, сборник очищенного газа и пылевой бункер. Отвод обеспыленного газа от Ц. группы осуществляют либо через спец. устройства (улитки), устанавливаемые на каждом аппарате и объединяемые общим коллектором, либо непосредственно через него. Использование улиток уменьшает общую высоту группы. При равной производительности цилиндрич. конич. аппараты отличаются большими габаритами и поэтому в групповом исполнении не применяются.

Батарейные Ц. (рис. 3). Из выражения (3) следует, что эффективность очистки газа в Ц. можно повысить путем увеличения скорости газа или уменьшения диаметра аппарата. Однако возрастание скорости связано со значит. увеличением гидравлич. сопротивления. Поэтому для повышения эффективности работы Ц. желательны уменьшение их диаметра и замена одного аппарата несколькими малого диаметра. Такой принцип положен в основу устройства батарейного Ц. (рис. 3, а). Последний состоит из многих (неск. десятков) параллельно работающих элементов (рис. 3, б) – Ц. небольшого диаметра, смонтированных в общем корпусе. Поступая в него, запыленный газ входит в газораспределит. камеру, ограниченную трубными решетками, в к-рых герметично укреплены циклонные элементы. Обеспыленный газ удаляется через выходные трубы элементов в общую камеру, а пыль собирается в конич. днище (пылесборнике).

Однако эффективность очистки в батарейном Ц., как правило, на 20–25% меньше той, к-рая м. б. достигнута в эквивалентном по диаметру обычном Ц. Это объясняется перетокom газа из элементов с большим гидравлич. сопротив-

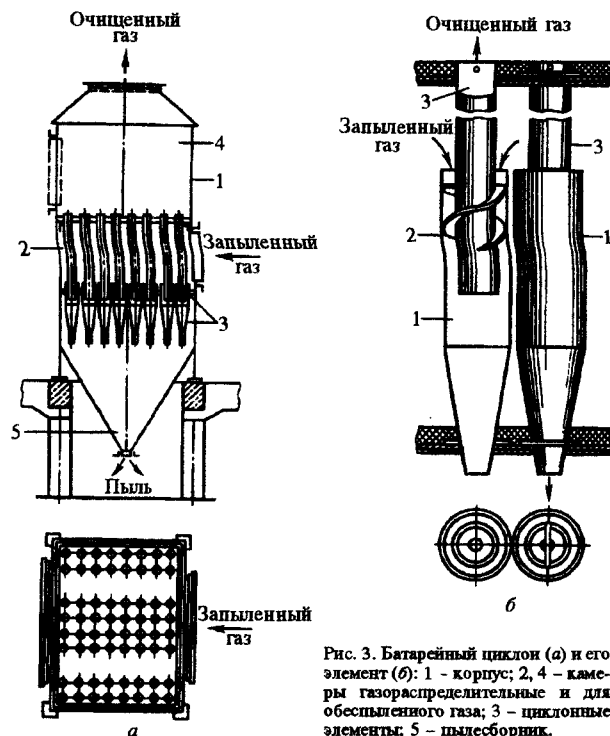


Рис. 3. Батарейный циклон (а) и его элемент (б): 1 – корпус; 2, 4 – камеры газораспределительные и для обеспыленного газа; 3 – циклонные элементы; 5 – пылесборник.

лением в элементы с меньшим сопротивлением. Поэтому, а также из-за возможности образования отложений циклонные элементы должны иметь диаметр не менее 0,3 м. Каждый элемент отличается от обычного Ц. преим. способом ввода запыленного газа, к-рый поступает в элемент не по касательной, а сверху через кольцевое пространство между корпусом и выхлопной трубой. В этом пространстве на входе газа в каждый элемент установлен направляющий аппарат (винт или розетка с наклонными лопатками), сообщающий потоку газа вращат. движение. В отличие от обычных батарейные Ц. сложнее в изготовлении, но имеют значительно меньшие габариты.

Благодаря невысокой стоимости, простоте устройства и обслуживания, сравнительно небольшому гидравлич. сопротивлению и высокой производительности Ц. являются наиб. распространенным типом сухих мех. пылеуловителей.

Лит.: Очистка промышленных газов от пыли, М., 1981; Справочник по пыле- и золоулавливаю, под ред. А. А. Русанова, 2 изд., М., 1983.

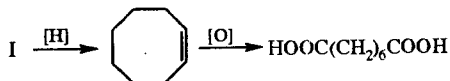
А. Ю. Вальдберг.

ЦИКЛООКТАТЕТРАЭН (ф-ла I), мол. м. 104,14; золотисто-желтая жидкость; т. пл. -7°C , т. кип. 142°C , d_4^{20} 0,9206; n_D^{20} 1,5375; $\Delta H_{\text{сгор}}^0 -4475,7$ кДж/моль; $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 43,12 кДж/моль.

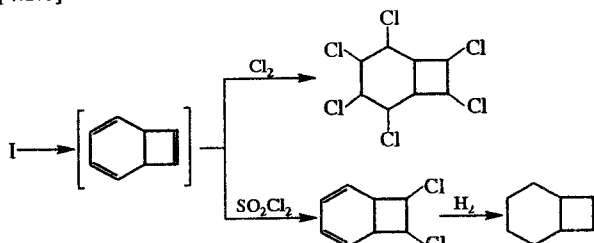


Длины связей в молекуле (нм): $\text{C}=\text{C}$ 0,13, $\text{C}-\text{C}$ 0,146, $\text{C}-\text{H}$ 0,109, углы $\text{C}=\text{C}-\text{H}$ $118,3^{\circ}$, $\text{C}=\text{C}-\text{C}$ $126,46^{\circ}$.

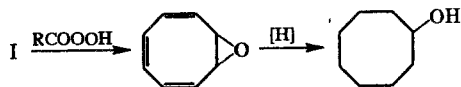
Ц. проявляет св-ва ненасыщ. соед.: легко присоединяет водород, галогены, окисляется. Гидрирование приводит к продуктам частичного или полного восстановления; p-цию используют в синтезе пробковой к-ты:



При хлорировании Ц. при т-ре от -30 до 0°C образуется гл. обр. 2,3,4,5,7,8-гексахлорбицикло[4.2.0]октан, а при действии SO_2Cl_2 — 7,8-дихлорбицикло[4.2.0]окта-2,4-диен; последний при гидрировании превращается в бицикло[4.2.0]октан:



Надкислоты окисляют Ц. до эпоксида, при гидрировании к-рого образуется циклооктанол:



Окисление Ц. гипохлоритами в щелочной среде приводит к терефталевому альдегиду, хромовым ангидридом в уксусной к-те — к терефталевой к-те.

При длительном кипячении в атмосфере азота Ц. димеризуется по схеме диенового синтеза, в более жестких условиях — полимеризуется.

Получают Ц. тетрамеризацией ацетилена в присут. солей Ni при $50-60^{\circ}\text{C}$ под давлением в среде ТГФ.

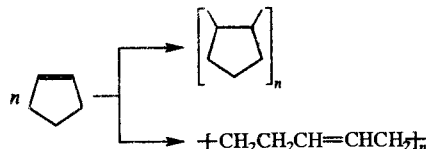
Применяют Ц. для получения циклооктана, циклооктена и др. соед. этого ряда.

Лит.: Химия ацетилена. Сб., пер. с англ. и нем., М., 1954; Schröder G., Cyclooctatetraen, Weinheim, 1965.

Э. Е. Ницантьев.

ЦИКЛООЛЕФИНОВЫЕ КАУЧУКИ, продукты гомополимеризации циклоолефинов.

В зависимости от условий циклоолефины могут полимеризоваться по двойной связи или с раскрытием цикла; в первом случае образуется полимер, содержащий циклы в цепи, во втором — каучукоподобный полимер с открытой цепью, как, напр., в случае циклопентена:



При этом открытоцепные полимеры могут иметь *цис*- или *транс*-конфигурацию.

Направление полимеризации зависит от природы переходного металла, входящего в состав каталитич. комплекса. Так, катализаторами синтеза карбоциклич. полимеров служат соед. V и Cr, открытоцепные — соед. W, Ta, Nb, Mo, Ti, Re, алюминийорг. соединения.

Наиб. практич. интерес представляют полимеры с открытой цепью (мол. м. больше 200 000), получаемые полимеризацией циклопентена, циклооктена и норборнена, — соотв. полипентенамеры, полиоктенамеры и полинорборнен, к-рые по строению и св-вам близки полидиенам.

Среди полипентенамеров лучшими эксплуат. св-вами обладает *цис*-изомер, напр. по морозостойкости он превосходит все известные углеводородные каучуки. Его т-ра стеклования ок. -120°C , что на $40-50^{\circ}\text{C}$ ниже т-ры стеклования стереорегулярного бутдиенового каучука. При растяжении медленно кристаллизуется. Вулканизуется серой, со-вулканизуется с др. каучуками. Высокоэластич. св-ва его наилучшим образом проявляются при низких т-рах; так, прочность вулканизатов при растяжении составляет 1,6 МПа при 23°C , 2,2 МПа при -50°C и 3,82 МПа при -93°C , модуль высокоэластичности при нагрузке 20 МПа — соотв. 0,25, 0,29 и 0,79.

Получают *цис*-полипентенамер стереоспецифич. полимеризацией циклопентена в присут. $\text{MoCl}_5 - \text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ в течение 4 ч. Оптимальный выход при молярных соотношениях $\text{MoCl}_5 : \text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3 = 1,5 : 2,5$ и циклопентан : $\text{MoCl}_5 = 500 : 1$.

транс-Полипентенамер образуется при полимеризации циклопентена в присут. $\text{WCl}_6 - \text{AlR}_3$ ($\text{R} = \text{Alk}$) с добавками пероксидов и гидропероксидов.

Полипентенамеры обладают высокой когезионной прочностью, износостойкостью, теплостойкостью и повышенной эластичностью по сравнению с др. каучуками. Применяются в виде совулканизаторов с др. каучуками в произ-ве морозостойких резин.

Полинорборнен (ПНБ; PNR) при полимеризации норборнена м. б. получен в виде кристаллов (Ta-катализатор, 95°C , 3 ч) или аморфного полимера (W-катализатор, 80°C , 4 ч); т-ра стеклования кристаллич. полимера ок. -80°C , аморфного ок. 35°C .

Переработка полинорборнена осуществляется на обычном оборудовании резиновой пром-сти. Для достижения эластич. св-в в порошкообразный полимер вводят пластификаторы (сложные эфиры фталевой или адипиновой к-т, техн. масла), понижающие т-ру стеклования полимера до -60°C . Вулканизуется серой с ускорителями. Способен поглощать большое кол-во мягчителя (до 200 мас. ч. на 100 мас. ч. полимера), что обеспечивает варьирование твердости вулканизатов от 15 до 90 единиц по Шору А. Легко совмещается со всеми диеновыми СК. По мех. св-вам, стойкости в агрессивных средах, тепло- и морозостойкости вулканизаты ПНБ аналогичны вулканизатам неполярных диеновых СК; отличительная особенность — способность к вибродемпфированию при т-рах от -40 до 90°C .

Применяют вулканизаты ПНБ вместо губчатых резин для изготовления амортизаторов, виброизоляторов, звукопоглощающих покрытий, мягких монолитных резин для разл. изделий в автомобилестроении, стр-ве, типографском деле и др. ПНБ выпускается под назв. норсорекс (Франция).

Полиоктенамер получают полимеризацией циклооктена в присут. Ti-катализаторов по р-ции метатезиса. В пром-сти выпускают полимер с содержанием *транс*-изомеров в кол-ве 80 и 90% (торг. названия соотв. вестенамер 8012 и вестенамер 6213); т-ры стеклования соотв. -65 и -75 °С. Полиоктенамер легко плавится при т-ре переработки резиновых смесей, в к-рых он выполняет роль пластификатора, повышая их когезионную прочность. Легко совулканизуется с разл. типами каучуков при использовании любых вулканизирующих агентов.

Осн. применение – технол. добавка к резиновым смесям, снижающая их вязкость, улучшающая диспергирование наполнителей и облегчающая переработку разл. методами (экструзией, каландрованием, литьем под давлением).

Лит.: Кристаллические полиолефины, пер. с англ., т. 1–2, М., 1970.

О. А. Говорова.

ЦИКЛООЛЕФИНЫ (циклоалкены, циклены), ненасыщ. моноциклич. углеводороды общей ф-лы C_nH_{2n-2} . Ц. и их производные относятся к *алициклическим соединениям*. По числу атомов С в цикле Ц. подразделяют на малые (3 и 4 атома), обычные (5–7), средние (8–12) и большие (13 и более). Названия Ц. образуют из названий соответствующих циклоалканов, заменяя окончание «ан» на «ен», напр. циклооктен.

Многие природные соед.– функциональные производные Ц. Так, из масла семян *Sterculia foetida* выделена стеркуловая к-та [8-(2-октилциклопропенил)октановая к-та], из губки *Salix nicaensis* – калистерол – производное холестерина, содержащее в молекуле циклопропеновое кольцо. Из прир. источников выделен также антибиотик пинитрицин (гидро-ксиметилциклопропенон); один из распространенных орг. объектов в космич. пространстве – карбен циклопропенилиден.

Низшие Ц. – циклопропен и циклобутен – газы, остальные Ц. – жидкости (табл.), не раств. в воде, хорошо раств. в большинстве орг. р-рителей (углеводороды, спирты, простые и сложные эфиры). Жидкие Ц. часто образуют азеотропные смеси с разл. соед., напр. для циклогексена известны азеотропные смеси с водой, метанолом, этанолом, уксусной к-той, бензолом.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЦИКЛООЛЕФИНОВ

Соединение	Мол.м.	Т.пл., °С	Т.кип., °С	d_4^{20}	n_D^{20}
Циклопропен	40,06	—	-36	—	—
Циклобутен	54,09	—	2,0	0,732	—
Циклопентен	68,11	-135,1	44,2	0,7720	1,4225
Циклогексен	82,14	-103,51	82,98	0,8102	1,4465
Циклооктен	110,19	-59	143	0,8472	1,4741*
<i>транс</i> - цис-	То же	-12	138	0,8472	1,4698
Циклододецен	166,30	—	100–103**	—	1,4864

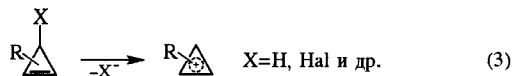
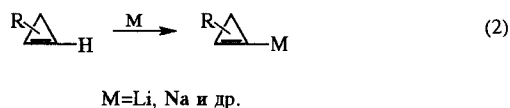
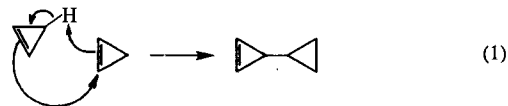
*При 25 °С. **При 11 мм рт. ст.

Особенности строения Ц. (размер цикла и геометрия фрагмента $C=C$) м. б. выявлены с помощью спектров ПМР: хим. сдвиг δ 7,01 (=СН) и 0,92 (=ССН₂) м. д. для циклопропена, 6,03 и 2,57 м. д. для циклобутена, 5,60 и 2,28 м. д. для циклопентена, 5,59 и 1,96 м. д. для циклогексена, 5,56 и 2,11 м. д. для *цис*-циклооктена, для *транс*-циклооктена хим. сдвиг δ 5,40 м. д. (=СН).

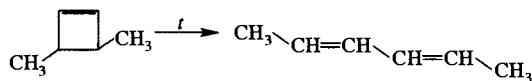
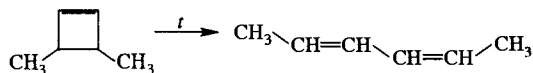
В отличие от *транс*-олефинов, обладающих большей стабильностью, чем соответствующие *цис*-изомеры, относит. стабильность *цис*- и *транс*-циклоолефинов меняется в зависимости от размера цикла. Для малых и обычных циклов стабильны лишь *цис*-изомеры, к-рые можно выделить в индивидуальном состоянии; *транс*-изомеры С₃ – С₇ обладают значительно большим запасом энергии и потому более реакционноспособны. Начиная с циклооктена с увеличением размера цикла стабильность *транс*-изомеров увеличивается. Кроме того, у таких Ц. появляется хиральность. Так, разделение рацемич. *транс*-циклооктена с помощью платиновых комплексов, содержащих оптически активный α -фенилэтиламин, приводит к достаточно стабильным D- и

L-энантиомерам: активаци. барьер рацемизации 149,07 кДж/моль. Стабильность энантиомеров *транс*-циклононена и *транс*-циклодецена невысока из-за значительно большей конформаци. подвижности полиметиленовых цепочек.

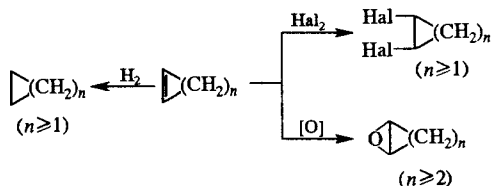
Реакц. способность Ц., изменяющаяся в широких пределах, определяется размером цикла, его конформаци. особенностями и изомерией относительно связи $C=C$. Наиб. реакционноспособны циклопропен и циклобутен благодаря высокой энергии напряжения малого цикла (см. *Напряжение молекул*). Так, циклопропен, его моно- и многие 1,3-дизамещенные производные вступают в *еновые реакции* при низких т-рах (р-ция 1); легко металлируются под действием оснований (литийорг. соед., амиды металлов и др.) при наличии хотя бы одного атома Н у атомов С-1 или С-2 (2); образуют соли циклопропенилия в результате отрыва галогена или гидрид-иона от атома С-3 циклопропенатов (3); в условиях термич., каталитич. и фотохим. р-ций способны генерировать алкенилкарбены (4):



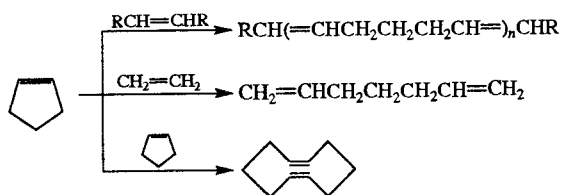
Циклобутен при нагр. до 180 °С изомеризуется количественно в 1,3-бутадиен. Такое раскрытие производных циклобутена часто используют для синтеза разнообразных 1,3-диенов. Особый интерес представляют стереоселективные превращения 3,4-дизамещенных циклобутенов в 1,4-дизамещенные 1,3-бутадиены:



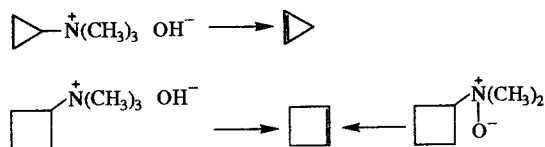
Ц. вступают в р-ции каталитич. гидрирования, присоединяют галогены, окисляются надкислотами с образованием соотв. циклоалканов, 1,2-дигалогенпроизводных и эпоксидов:



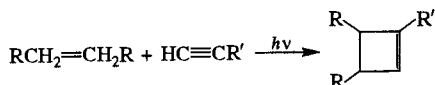
В условиях р-ций метатезиса Ц. расщепляются, образуя ациклич. полимерные, мономерные и циклич. продукты, напр.:



Ц. получают с помощью р-ций элиминирования, используя доступные замещенные циклоалканы. Так, циклопропен и циклобутен получают термич. разложением четвертичных аммониевых оснований в условиях р-ции Гофмана либо термич. разложением N-оксидов третичных аминов:



Циклопропены м. б. получены также присоединением карбенов по связям $\text{C}\equiv\text{C}$ (см. Карбены). Для синтеза замещенных циклобутенов используют внутри- или межмол. фотохим. [2+2]-циклоприсоединение производных этилена и ацетилена:



Циклопентен и циклогексен получают обычно дегидратацией соответствующих циклоалканолов, используя в качестве дегидратирующих средств Al_2O_3 или силикагель при повышенных т-рах, а в лаборатории — H_2SO_4 либо H_3PO_4 . Циклопентен м. б. получен гидрированием циклопентадиена на Pd-катализаторах.

Для синтеза циклооктена и циклододецена используют селективное гидрирование соотв. 1,5-циклооктадиена и 1,5,9-циклододекадиена в присут. Ni-катализаторов.

Ц. — полупродукты в орг. синтезе. Циклопентен — сырье для получения каучука, циклогексен — алкилирующий агент, р-ритель, применяется для синтеза малеиновой, адипиновой, циклогексанкарбонной к-т и циклогексанкарбальдегида; в лаборатории — для синтеза бутадиена.

См. также Циклопентен.

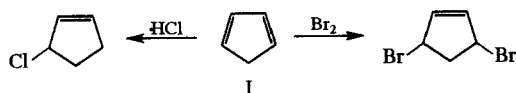
Лит.: Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 1-4, М., 1987-88; McQuillan F.J., Alicyclic chemistry, Camb., 1972; Günther H., Günther J., «Chem. Rev.», 1977, v. 77, № 4, p. 599-637; Winnacker K., Kuchler L., Chemische Technologie, 4 Aufl., Bd 5, Münch., 1984; Chemistry of the cyclopropyl group, ed. Z. Rapoport, pt. 1, L., 1987, p. 101-172.

И. Г. Болесов.

ЦИКЛОПАРАФИНЫ, то же, что *циклоалканы*.

1,3-ЦИКЛОПЕНТАДИЕН (ф-ла I), мол. м. 66,11; бесцв. жидкость со специфич. неприятным запахом; т. пл. $-97,2^\circ\text{C}$, т. кип. $40,8^\circ\text{C}$, d_4^{20} 0,8021, n_D^{20} 1,4440, $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 7 кДж/моль, $\Delta H_{\text{гор}}^0$ -700 кДж/моль; раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, не раств. в воде.

Ц. обладает хим. св-вами *диеновых углеводородов*. Легко присоединяет галогены, галогеноводороды и др., образуя продукты 1,4-присоединения, напр.:

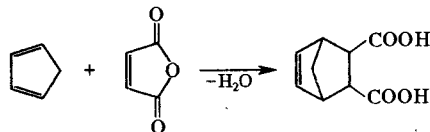


При действии на Ц. избытка щелочного р-ра гипохлорита при 40°C образуется гексахлорциклопентадиен — полупродукт для синтеза мн. пестицидов (альдрин, дильдрин, гептахлор и др.).

733

24*

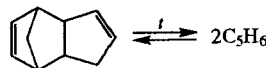
Ц. вступает в *диеновый синтез* с разл. диенофилами, напр. с малеиновым ангидридом образует 3,6-метанотетрагидрофталевую к-ту:



По схеме диенового синтеза Ц. полимеризуется, давая в обычных условиях димеры, тримеры и т. д. Мономерный Ц. устойчив лишь при т-ре ниже -80°C (однако димер легко превращается в мономер при перегонке).

Ц. реагирует с тонкодисперсным Na в суспензиях углеводородов с образованием циклопентадиенильных π -комплексов разл. металлов (см. *Металлоцены*). С железом, его карбонилами, а также с Fe_2O_3 или FeCl_2 Ц. дает *ферроцен*, образует устойчивые *илиды*, напр. с пиридином, конденсация Ц. с альдегидами и кетонами приводит к *фульвенам*.

Ц. содержится в низкокипящих фракциях пиролиза нефтяного сырья и коксования каменного угля, откуда его извлекают ректификацией. В лаб. условиях м. б. получен из 1,2-дибромциклопентана отщеплением HBr, дегидрированием циклопентена при $500-650^\circ\text{C}$ на алюмохромовом катализаторе. Ц. выделяют также из отходов произ-ва синтетич. каучука, в к-рых он находится в виде димера:



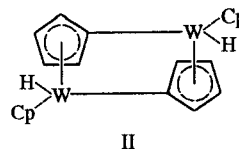
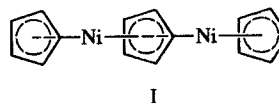
Ц. применяют для получения инсектицидов (альдрин, изодрин и др.), металлоценов, циклопентана, циклопентена, гексахлорциклопентадиена, соед. норборненового ряда и др.

Т. всп. -50°C , т. самовоспл. 640°C . ПДК в атм. воздухе $0,05 \text{ мг/м}^3$.

Лит.: Kirk — Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 7, N. Y., 1979, p. 417-29.

А. А. Братков.

ЦИКЛОПЕНТАДИЕНИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, содержат в качестве лиганда циклопентадиенил (C_5H_5 , или Cp). Металл в комплексах (Ц. к.) м. б. связан с лигандом по σ - и π -типам. Наиб. распространены π -комплексы. Известны соед. смешанного типа, напр. $[\text{Fe}(\text{CO})_2(\eta^1\text{-Cp})(\eta^5\text{-Cp})]$; соед. с заместителями в циклопентадиенильных кольцах, напр. $[\text{M}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5\text{R}_n)(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_n]$, $[\text{M}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5\text{R}_n)(\text{Si}(\text{CH}_3)_3)_n]$ ($n = 1, 2$), $[\text{M}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5\text{R}_n)_2]$, а также с индильной и флуоренильной группировками. Синтезированы «многопалубные» Ц. к. (напр., ф-лы I) и Ц. к. с мостиковыми Cp-лигандами (напр., II). Соед. этого типа интенсивно изучаются.



По числу лигандов, связанных с металлом, различают моно-, бис- (см. *Металлоцены*) и трисциклопентадиенильные производные.

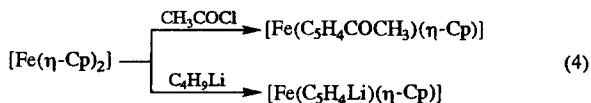
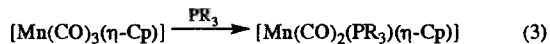
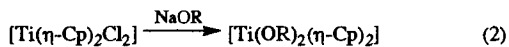
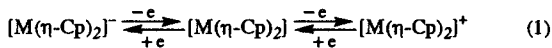
Ц. к. могут иметь структуру правильного сэндвича (Cp-лиганды расположены параллельно друг другу) $[\text{M}(\eta^5\text{-Cp})_2]$, клинообразного сэндвича (Cp-лиганды расположены под углом друг к другу) $[\text{M}(\eta^5\text{-Cp})_2\text{L}_n]$ ($n = 1-3$) и полусэндвича $[\text{M}(\eta^5\text{-Cp})\text{L}_n]$ (L — разл. лиганды, $n = 1-5$). Последняя группа

734

наиб. многочисленна; подобные соед. получены для всех переходных металлов. Для Ц. к. первых двух структур часто нарушается правило эффективного атомного номера (см. *Металлоорганические соединения*).

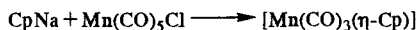
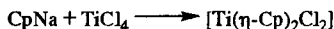
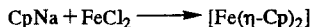
Ц. к. обладают высокой термич. стабильностью; связь металла с Ср довольно прочная и замещение Ср на др. лиганды протекает обычно с трудом.

Ц. к. претерпевают три типа хим. превращений: окисл.-восстановит. переходы, характерные для правильных и клинообразных сэндвичей (р-ции 1); замещение у атома металла, типично для клинообразных сэндвичей и полусэндвичей (р-ции 2, 3); р-ции, протекающие в Ср-кольцо (4):



Р-ции в кольцо известны и для нек-рых полусэндвичей, однако лишь для наиб. устойчивых.

Осн. методы синтеза Ц. к. – взаимод. простых или комплексных галогенидов металлов с ионными циклопентадиенидами Li, Na или Mg или ковалентными циклопентадиенильными производными Sn или Hg, напр.:



Соед. ф-лы I получают действием HBF_4 на $[Ni(\eta-Cp)_2]$, соед. II – УФ облучением $[WH_2(\eta-Cp)_2]$.

Ц. к. – катализаторы, регуляторы и ингибиторы разл. процессов, реагенты в тонком орг. синтезе, фото- и термостабилизаторы полимеров и композиционных материалов, биологически активные соед. и лек. препараты, полупродукты при получении металлич. и металлокерамических пленок и др.

Лит.: Методы элементоорганической химии. Типы металлоорганических соединений переходных металлов, под ред. А. Н. Несмеянова, К. А. Кочешкова, кн. 2, М., 1975, с. 585–686; *Comprehensive organometallic chemistry*, v. 1–9, Oxf. – [a. o.], 1982. Д. А. Леменовский.

ЦИКЛОПЕНТЕН, мол. м. 68,11; жидкость с резким запахом; т. пл. $-135,1^\circ C$, т. кип. $44,2^\circ C$; d_4^{20} 0,7720, n_D^{20} 1,4225; S_p^0 122,4 Дж/(моль·К); $\Delta H_{ср}^0$ $-22,63$ кДж/моль; S_{298}^0 201,3 Дж/(моль·К); раств. в этаноле, диэтиловом эфире, не раств. в воде.

По хим. св-вам – типичный *олефин*: присоединяет галогены, галогеноводороды, при окислении образует карбоксильные соед., при гидрировании – циклопентан (ΔH^0 гидрирования 107,47 кДж/моль).

Димеризация Ц. приводит к 1-циклопентилциклопентену и циклопентилденциклопентану; взаимод. с этиленом – к 1,6-гептадиену.

Ц. – уникальный мономер, полимеризация к-рого дает два типа полимеров – открытоцепные (1,5-полипентенамеры) и карбоциклические (см. *Циклоолефиновые каучуки*).

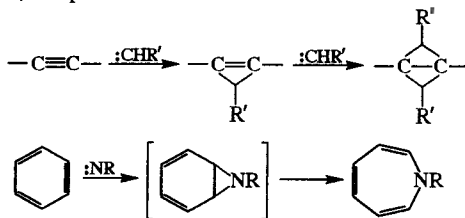
Осн. способ получения Ц. – селективное гидрирование циклопентадиена на гомогенных и гетерогенных катализаторах, содержащих Pt, Ru, Rh, Pd, Co. В пром.-сти используют соед. Pd, продукты р-ции очищают на цеолитах и катионообменных смолах. Селективность по Ц. 99%. Ц. образуется также при дегидрировании или окислит. дегидрировании циклопентана либо при дегидрохлорировании хлорциклопентана.

Применяется Ц. для синтеза полипентенамеров.

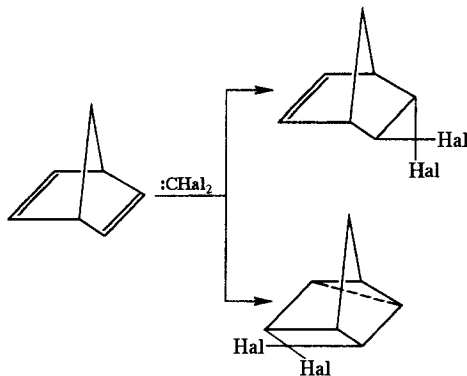
Лит.: *Справочник нефтехимика*, т. 2, Л., 1978; Фельдблюм В. Ш., Синтез и применение непредельных циклических углеводородов, М., 1982. В. Н. Перченко.

ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ, р-ции, протекающие с образованием нового цикла из двух реагирующих молекул (без отщепления к.-л. групп или атомов); сопровождаются общим уменьшением кратности связей. К Ц. относят также внутримолекуляр. взаимод. двух фрагментов молекулы. Классифицируют р-ции по числу атомов каждого компонента, участвующих в образовании цикла [обозначают (2 + 1)-, (2 + 2)-, (3 + 2)-Ц. и т. д.; иногда указывают индексами стереохимию Ц., напр., (4_s + 2_s)-Ц., см. *Вудворда-Хофмана правила*]; реже – по числу вовлекаемых электронов с указанием типа орбитали, напр., $[2\pi + 2\pi]$ или $[\pi 2_s + \pi 2_s]$.

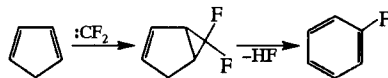
В (2 + 1)-Ц. к молекуле, содержащей кратную связь, присоединяется атом, имеющий одновременно заполненную и вакантную орбитали; в результате образуется трехчленный цикл. Протекает по согласованному механизму (см. *Согласованные реакции*). В р-ции могут участвовать моно- и полиены, полиины, напр.:



Ц. дигалогенкарбенов к норборнадиену протекает по двум направлениям с образованием продуктов 1,2- и 1,3-присоединения:



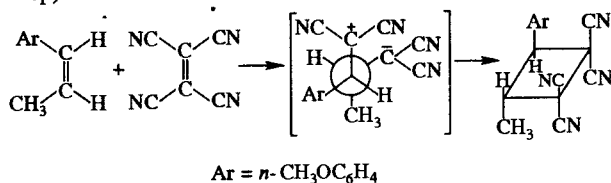
Ц. дифторкарбена к циклопентадиену – пром. метод получения фторбензола:



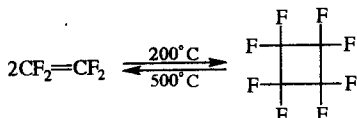
Аналогично получают 2-фторнафталин из индена и 2,3-дифторнафталин из стирила.

(2 + 2)-Ц. приводит к образованию четырехчленных циклов. Механизм р-ций и эксперим. условия их проведения зависят от электронного строения реагирующих в-в. Ц. олефинов, один из к-рых имеет электронодефицитную [напр., $(CN)_2C=C(CF_3)Cl$, $(CN)_2C=C(CN)_2$, $(CF_3)_2C=C(CN)_2$, $CH_2=CHCOOR$, $CH_2=CHNO_2$], а другой – электронообогатненную π -связь (напр., $CH_2=CHOR$, $CH_2=CHNR_2$, $n-CH_2OC_6H_4CH=CH_2$), протекает обычно в мягких условиях с высокими выходами через промежут. образование цвиттер-иона. Стереоселективность (определяется наиб. устойчивым цвиттер-ионом) и скорость р-ции резко возрастают с увеличением полярности р-рителя. Так, при взаимод. *цис*-анетол с тетрацианоэтиленом в среде циклогексана продукт р-ции содержит 10–15% *транс*-изомера, в среде ацетонитрила – 49%, при этом в последнем случае скорость р-ции возрастает в $6,3 \cdot 10^4$ раза (из *транс*-анетол

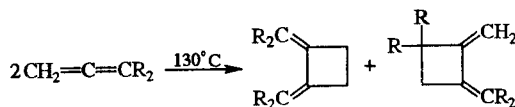
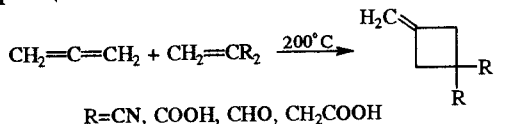
даже в сильно полярных р-рителях образуется только *транс*-изомер):



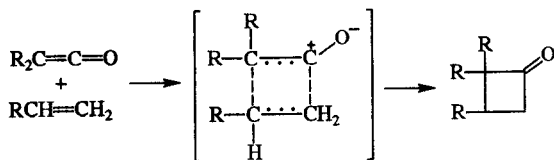
Ц. фторолефинов протекает при *t*-ре 100 °С и повышенном давлении через бирадикальные интермедиаты, от устойчивости к-рых зависит направление р-ции (р-ция не носит цепного характера, не ингибируется и не инициируется), напр.:



Аналогично протекает Ц. кумуленов и олефинов и их димеризация:

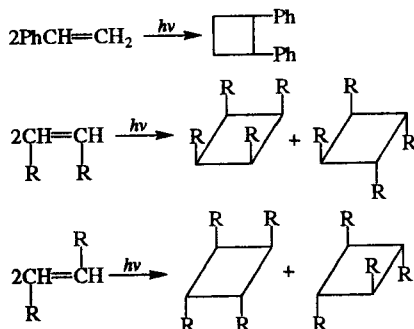


Ц. кетенов и др. гетерокумуленов (кетениминов $\text{R}_2\text{C}=\text{C}=\text{NR}$, тиокетенов $\text{R}_2\text{C}=\text{C}=\text{S}$, карбодиимидов $\text{RN}=\text{C}=\text{NR}$, изоцианатов $\text{RN}=\text{C}=\text{O}$) протекает через ассоциативное переходное состояние (по принципу «голова к хвосту») со слабо выраженным разделением зарядов и приводит к образованию производных циклобутана; р-ции высокостереоспецифичны, скорость их слабо возрастает при увеличении полярности р-рителя:



При димеризации кетенов (но не самого кетена) образуются циклобутандионы.

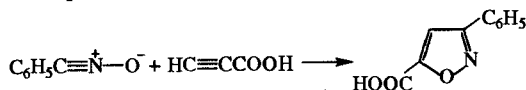
Фотохим. сенсibilизир. Ц. алкенов может протекать нестереоспецифично либо как согласованный стереоспецифич. [$\pi 2_s + \pi 2_s$]-процесс, приводящий к образованию в случае *сим*-алкенов смеси двух изомеров, напр.:



При Ц. алкинов образуются циклобутены.

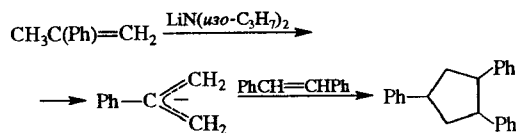
Фотохим. Ц. с участием сенов широко используют в синтезе прир. соед., напр. терпенов. Для этих же целей применяют внутримол. Ц.; последнее – ключевая стадия при получении *полиэдрических соединений*. Фотохим. Ц. по карбонильной группе альдегидов или кетонов с олефинами приводит к оксетанам (см. *Патерно-Бюхи реакция*).

(3 + 2)-Ц. (чаще наз. 1,3-диполярным Ц.) – присоединение к молекуле, содержащей кратную связь, 1,3-диполярных соед. – трехатомных компонентов (разл. комбинации атомов С, О, N), обладающих 4 π -электронами, с образованием 5-членных гетероциклов. В качестве 1,3-диполярных соед. используют диазосоединения, азиды, азоксисоединения либо малостабильные нитрилоксиды, нитриламины, нитроны и др., вводимые в р-цию в момент образования, напр.:



Р-ция высокостереоспецифична, почти не чувствительна к полярности р-рителя. Большинство данных указывает на согласованный механизм в соответствии с правилами сохранения орбитальной симметрии; нек-рые р-ции, возможно, протекают ступенчато (напр., через бирадикальные интермедиаты).

Р-ции, в к-рых участвуют аллильные производные, наз. «анионным» Ц., напр.:



Благодаря высокой регио- и стереоселективности анионное Ц. используют в синтезе макроциклич. антибиотиков и прир. соединений.

(4 + 2)-Ц. (р-ция Дильса-Альдера) – присоединение соед. с сопряженными кратными связями к соед. с активир. кратной связью с образованием 6-членных циклов (см. *Диеновый синтез*).

Известны др. типы Ц.: (4 + 1)-Ц., напр. взаимод. бутадиена с SO₂ – пром. метод синтеза 3-сульфолена (см. *Сульфолены*); (4 + 4)-Ц., напр. фотохим. димеризация антрацена и др. Три-мол. р-ции Ц., как правило, многоступенчатые процессы.

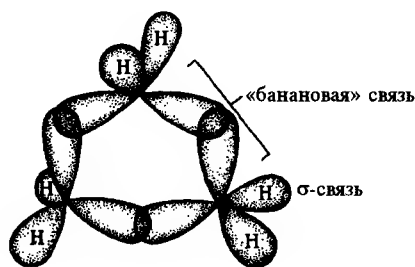
Р-ции, обратные Ц., наз. циклоэлиминированием, цикловерсией, ретро-Ц.

Ц. широко используют в орг. химии для синтеза карбо- и гетероциклич. соед. с разл. набором и числом атомов в кольце; оно представляет большой теоретич. интерес.

Лит.: Джилкрист Т., Сторр Р., *Органические реакции и орбитальная симметрия*, пер. с англ., М., 1976, с. 101–36, 146–62, 165–70, 184–224, 231–44; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981; Марч Дж., *Органическая химия*, пер. с англ., т. 3, М., 1987, с. 234–69; Trost B.M., *«Angew. Chem.»*, 1986, *Jahrg.* 98, Нф. 1, S. 1–114. В. Р. Скавченко.

ЦИКЛОПРОПАН (триметилен), мол. м. 42,08; бесцв. газ, т. пл. –127 °С, т. кип. –33 °С; $n_D^{42,3}$ 1,3799, d_4^{20} 0,7352; раств. в орг. р-рителях, плохо – в воде; легко воспламеняется; смеси с воздухом, O₂ и N₂O взрывоопасны. Δ

Ц. – простейший *циклоалкан*, трехчленный цикл к-рого обладает значит. энергией напряжения (~115 кДж/моль) и повышенной по сравнению с др. циклоалканами хим. активностью. Углы в Ц. 60° (CCC), 114–115° (HCH), длины связей 0,151 (C–C) и 0,109 нм (C–H). Малая величина угла CCC по сравнению с углом между sp^3 -гибридизованными орбиталями (109,5°) позволяет предположить, что при образовании связей C–C в Ц. не достигается макс. перекрывание атомных орбиталей. Такие связи наз. «банановыми» (рис.), по своему характеру они являются промежуточными между σ - и π -связями, поэтому Ц. может вести себя подобно олефинам. Кроме того, благодаря слабости «банано-



Орбитали в молекуле циклопропана.

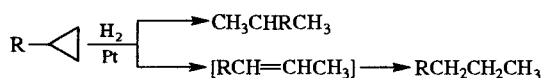
вой» связи, Ц. легко раскрывает кольцо в разл. р-циях. Возможны др. способы описания характера и св-в связей в Ц.

Замещение в Ц. значительно изменяет его геометрию. Так, электронодонорные заместители укорачивают прилежащие связи С—С и удлиняют противолежащую; электроакцепторные группы действуют наоборот; объемные виндальные заместители удлиняют связь между атомами С, несущими эти заместители. В высоконапряженных структурах при сочленении Ц. с др. циклами, в т. ч. циклопропановыми, наблюдаются большие искажения 3-членного цикла (см. *Напряжение молекул*).

Ц.— слабая СН-к-та: pK_a 46 (вода, 25 °С).

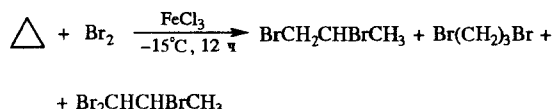
Легко протекает изомеризация Ц. в пропен; р-ция осуществляется термически или в присут. каталитич. кол-в Pt, Pd, Fe, Ni, Rh, Al_2O_3 .

При действии H_2 алкилциклопропаны в мягких условиях подвергаются гидрогенолизу либо изомеризации с послед. гидрированием:

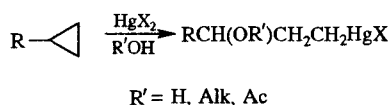


Р-ция Ц. с протонными к-тами приводит к пропилогалогенидам. В присут. $AlCl_3$ Ц. алкилирует ароматич. соед. с образованием как пропиловых, так и изопропиловых производных; при этом при переходе от *n*-ксилола к *o*-дихлорбензолу соотношение указанных изомеров изменяется от (92:8) до (4:96) соотв.

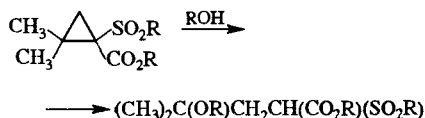
С хлором и бромом Ц. реагирует неодинаково. В условиях радикального бромирования образуется 1,3-дибромпропан, а радикального хлорирования в мягких условиях — 1,1-дихлорциклопропан. При электроф. бромировании получают смесь бромпропанов:



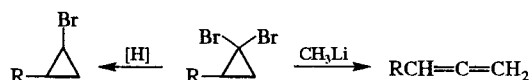
Р-ция Ц. и его производных с солями ртути в среде протонных р-рителей приводит к γ-меркурир. спиртам [или их алкокси(ацилокси)производным]; р-ция не имеет аналогов в химии др. карбоциклов:



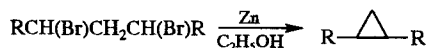
Замещенные Ц., содержащие электронодонорные и электроакцепторные группы, при умеренном нагревании претерпевают гетеролиз по наиб. замещенной связи, напр.:



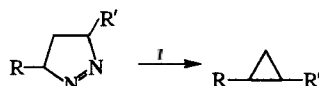
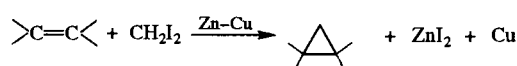
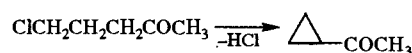
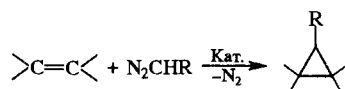
1,1-Дигалогенциклопропаны при действии $(C_4H_9)_3SnH$ или Mg в CH_3OH восстанавливаются в моногалогениды, а при взаимодействии с CH_3Li превращаются в соответствующие аллены:



Ц. и его производные получают действием Zn-пыли на 1,3-дигалогениды:



Для синтеза функционально замещенных Ц. используют р-ции внедрения по связи С=С при действии диазоэфиров (кат.— комплексы Cu и Rh) или диазометана, генерируемого в присут. комплексов Pd; элиминирование $HNaI$ из γ-галогензамещенных кетонов, эфиров или нитрилов; взаимодей. олефинов с CH_2I_2 в присут. пары Zn—Cu (см. *Симмонса—Смита реакция*); термич. разложение пиразолинов:



Галогенциклопропаны получают внедрением галогенкарбенов в олефины.

Ц. и его фторпроизводные применяют в медицине как средства для ингаляц. наркоза. Эфиры циклопропанкарбонвой к-ты — средства защиты растений (см. *Пиретроиды*).

Лит.: Яновская Л.А., Домбровский В.А., Хусид А.Х., Циклопропаны с функциональными группами, М., 1980; Иоффе А.И., Святкин В.А., Нефедов О.М., Строение производных циклопропана, М., 1986; Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, 4 Aufl., Bd 13, Tl 2a, Stuttg., 1973.

Ю. В. Тамилев.

ЦИКЛОСЕРИН (D-4-амино-3-изоксазолидинон), мол. М. 102,09; бесцв. кристаллы, т. пл. 153–156 °С, $[\alpha]_D^{25} +116^\circ$ (вода), $+112^\circ$ (2 н. р-р NaOH); хорошо раств. в воде (100 мг/мл), плохо — в орг. р-рителях. Обладает амфотерными св-вами; pK_a 4,4 и 7,3. Ц.— антибиотик, выделенный из культуральной жидкости сорбцией на ионообменных смолах; продуценты — актиномицеты разл. видов (*Streptomyces garryphalus*, *S. lavendulae*, *S. nagasakiensis*, *S. orchidaceus* и др.). В пром-сти Ц. получают хим. синтезом из этилового эфира акриловой к-ты.

Ц. активен против микобактерий, нек-рых грамположит. и грамотрицат. бактерий. Механизм антибактериального действия связан с подавлением ферментов аланинацетамиды и D-аланил-D-аланинсинтетазы, участвующих в синтезе пептидогликана клеточной стенки. Ц.— противотуберкулезное ср-во. Устойчивость микобактерий развивается не ранее чем через месяц лечения. Используют в тех случаях, когда ранее применявшиеся препараты становятся неэффективными. Оказывает побочное действие на центр. нервную систему. Малотоксичен; ЛД₅₀ 1,81 г/кг (мышь, внутривенно).

Лит.: Навашина С.М., Фомина И.П., Рациональная антибиотикотерапия, 4 изд., М., 1982, с. 280.

С. Е. Есипов.

ЦИКЛОТРОННЫЙ РЕЗОНАНС, явление резонансного поглощения энергии переменного электрич. поля заряженной

частицей, находящейся в магн. поле. Заряженная частица, помещенная в магн. поле напряженности H и имеющая отличный от нуля импульс в плоскости, перпендикулярной полю H , совершает в этом поле движение по спирали с частотой ω_d , зависящей только от ее массы m , заряда q и H :

$$\omega_d = Hq/m, \quad (1)$$

где $H = |H|$. Если в плоскости, перпендикулярной полю H , приложить переменное электр. поле, частота изменения к-рого совпадает с ω_d , то движение частицы примет резонансный характер.

Явление наз. ионным Ц.р. (ИЦР), если заряженная частица — ион. ИЦР используют в *масс-спектрометрии* с 1950. Впервые этот метод был применен в масс-анализаторе (омегатроне), в к-ром измерялся ток ионов, попавших в резонанс с внеш. полем. В омегатроне частицы движутся во взаимно перпендикулярных переменном электр. и постоянном магнитном полях. По резонансной частоте, используя ф-лу (1), определяют массу ионов.

Затем был развит дрейфовый метод ИЦР, в к-ром ионы дрейфовали в скрещенных постоянных электр. и магнитном полях. Детектировались ионы, попадающие в резонанс с переменным электр. полем, приложенным перпендикулярно направлению магн. поля и направлению дрейфа. Применение метода было обусловлено возможностью относительно длительного (мс) удержания ионов в области дрейфа и др. факторами.

Совр. метод масс-спектрометрии с использованием Ц.р.-спектрометрия ИЦР с преобразованием Фурье (ИЦР ПФ). Резонансное поглощение ионами электр. энергии происходит в анализаторе. Высокочастотное электр. поле позволяет идентифицировать ионы по резонансному поглощению энергии при совпадении частоты поля и циклотронной частоты ионов с послед. фурье-анализом (см. *Фурье-спектроскопия*) сигнала. Интенсивность сигнала I_i от группы ионов массы m_i и заряда q_i представляет собой экспоненциально затухающую косинусоиду:

$$I_i(t) = A_i \cdot \exp(-\alpha_i t) \cos(\pi \omega_i t),$$

где $\omega_i = Hq_i/m_i$ — частота Ц. р. иона; α_i — частота столкновения ионов с молекулами остаточного газа в ячейке прибора (пропорциональна давлению газа): t — время; A_i — кол-во ионов с массой m_i .

Если в ячейке спектрометра находятся ионы с разл. массами и возбуждено циклотронное движение всех ионов, сигнал представляет собой сумму сигналов от отдельных групп: $I = \sum I_i(t)$, преобразование Фурье к-рой дает серию пиков на оси частот в положениях, соответствующих циклотронным частотам ω_i , с высотами, пропорциональными A_i . В соответствии с ф-лой (1) частотный спектр преобразуется в спектр масс.

Метод ИЦР ПФ позволяет одновременно регистрировать все ионы в ячейке прибора, определять их массы и относит. кол-ва, что дает возможность следить за превращениями ионов в ячейке при исследованиях ионно-молекулярных р-ций. Т.к. ширина спектрального пика после преобразования Фурье гармонич. сигнала, имеющего длительность T , обратно пропорциональна T , то разрешающая способность $R = m/\Delta m = \omega/\Delta \omega \approx T\omega$. Для обыкновенных электромагнитов с величиной $H \approx 2$ Тл и временем синхронного движения ионов $T \approx 1/\alpha \sim 1$ мс величины $R \approx 10^{4-5}$ близки к рекордным для др. методов масс-спектрометрии. Использование сверхпроводящих магнитов с $H \approx 5$ Тл и более глубокого вакуума (10^{-7} Па) приводит к увеличению как ω , так и T (до десятков с), что позволяет достичь $R \sim 10^8$. Точность определения абс. значений масс атомов и молекул этим методом превышает 10^{-6} .

Особенностью метода ИЦР ПФ является также возможность длит. (в течение неск. часов) удержания ионов в локализованной области пространства. Ионы в спектрометре ИЦР ПФ захватываются в ловушку, создаваемую постоянными электр. и магн. полями. На рис. показана одна из наиб. распространенных ячеек ИЦР ПФ, состоящая из 6 электродов. Электроды 3–6 заземлены по постоянному току, а на

электроды 1, 2 подается потенциал — положительный для положит. ионов и отрицательный для отрицат. ионов, — создающий потенциальную яму вдоль оси ячейки. Ионы, образовавшиеся внутри этой ямы, запираются в ячейке, т.к. они не могут выйти вдоль оси из-за потенциального барьера, а поперек оси — из-за магн. поля.

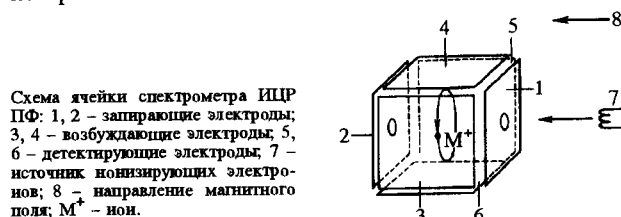


Схема ячейки спектрометра ИЦР ПФ: 1, 2 — запирающие электроды; 3, 4 — возбуждающие электроды; 5, 6 — детектирующие электроды; 7 — источник ионизирующих электронов; 8 — направление магнитного поля; M^+ — ион.

Цикл измерения масс-спектра в методе ИЦР ПФ состоит: из интервала времени создания ионов в ячейке; временной задержки (при необходимости) для превращения ионов или их взаимод. с др. частицами; импульса возбуждения циклотронного движения ионов, подаваемого на пластины 3 и 4; интервала времени измерения сигнала от свободно вращающихся ионов с пластин 5 и 6 до импульса очистки ячейки от всех ионов «выворачиванием» потенциальной ямы, что достигается путем подачи на пластины 1 и 2 потенциалов обратной полярности. Т. обр., пауза между интервалом времени, в к-ром ионы создаются, и интервалом времени, в к-ром они анализируются по массам, может составлять часы. В результате метод дает возможность исследовать разл. «медленные» процессы взаимод. ионов с молекулами, электронами и светом. Высокая разрешающая способность метода позволяет использовать его для разделения дуплетов и мультиплетов в масс-спектрах. Методом ИЦР ПФ впервые разделен дуплет ${}^3\text{He}^+ - \text{T}^+$ и измерена разность масс ионов.

Метод ИЦР ПФ является наиб. точным масс-спектрометрич. методом измерения масс. Его используют для исследования р-ций ионных кластеров с молекулами, лазерной десорбции ионов с пов-стей твердых тел, диссоциации многоатомных ионов и др.

Ц.р. применяют в физике твердого тела при изучении энергетич. спектра электронов, особенно для точного измерения их эффективной массы. С помощью Ц.р. возможно определение знака заряда носителей, изучение процессов их рассеяния и электрон-фононного взаимод. в металлах. В твердых телах область наблюдения Ц.р. ограничивается низкими т-рами ($1 - 10$ К) и частотами $\omega > 10^9$ Гц. В полупроводниках Ц.р. наблюдается на частотах $10^{10} - 10^{12}$ Гц в полях $8 \cdot 10^4 - 8 \cdot 10^6$ А/м.

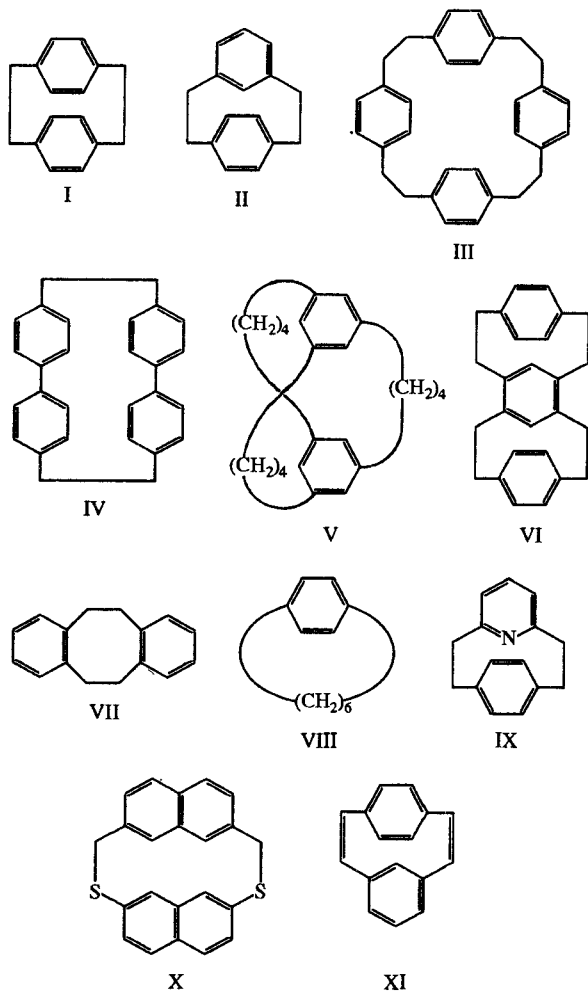
Лит.: Леман Т., Берси М., Спектрометрия ионного и циклотронного резонанса, пер. с англ., М., 1980; Николаев Е.Н., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1985, т. 30, № 2, с. 136–42; Comisarow M.B., Marshall A.G., «Chem. Phys. Lett.», 1974, v. 25, № 2, p. 282–83.

Е.Н. Николаев.

ЦИКЛОФАНЫ (фаны), мостиковые макроциклич. системы, включающие ароматич. и(или) гетероароматич. кольца, соединенные между собой алифатич. цепочками.

Первоначально Ц. наз. системы, включающие бензольные кольца, связанные по *пара*- или *мета*-положениям полиметиленовыми цепочками (соед. I–VI). В настоящее время к Ц. относят также конденсированные системы с *орто*-расположенными мостиками (VII); соед., содержащие одно ароматич. (гетероароматич.) кольцо с одним мостиком (VIII, анса-соединения); соед. с гетероароматич. (IX) или небензольными ароматич. кольцами; системы, в к-рых одна или неск. метиленовых групп заменены гетероатомами либо содержат алифатич. цепочки разл. функц. группы и кратные связи (X, XI). Различают Ц., содержащие только ароматич. кольца (карбофаны), гетероароматич. (гетерофаны) и смешанные циклофаны. Ц., содержащие в алифатич. цепочках гетероатомы, наз. гетерофанами.

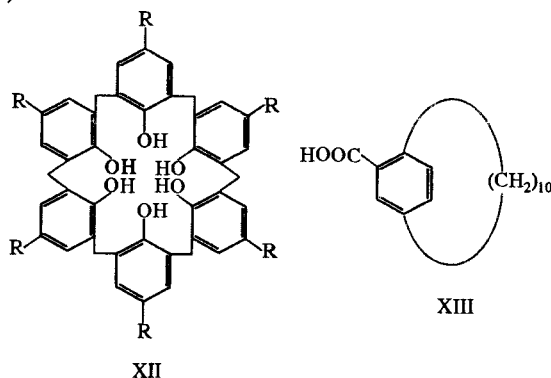
Номенклатура. Систематич. названия карбофанов, включающих только бензольные кольца, содержат в качестве



основы «циклофан», перед основной помещают цифры (в квадратных скобках), кол-во их соответствует числу мостиков, а значения – числу метиленовых групп, и префикс(ы) орто-, мета- и пара-, обозначающие тип замещения в бензольных кольцах, напр. [2.2]парацicloфан (I), [2.2]метапарацicloфан (II), [2.2.2]парацicloфан (III), [2.0.2.0]парацicloфан (IV), [2.2]ортоцicloфан (VII), [6]парацicloфан (VIII). Назв. Ц., включающих ароматич. кольца, отличные от бензольного, а также гетероароматич. кольца, содержат назв. соответствующего цикла с окончанием «фан», перед к-рым в круглых скобках цифрами записывают положения атомов цикла, к к-рым присоединен мостик, напр. 1,12-дита-[2.2](2,7)нафталинофан (X). При наличии в молекуле разл. ароматич. (гетероароматич.) колец их назв. указывают последовательно и используют окончание «фан», напр. [2]парацiclo[2](2,6)пиридинофан (IX). В назв. Ц., содержащих более двух мостиков, а также т. наз. слоистых или многослойных Ц. префиксы орто-, мета- и пара- не используют, а применяют цифровую систему обозначений, напр. [4.4.4](1,3,5)циклофан (V), [2.2](1,4)(1,3)[2.2](4,6)(1,4)циклофан (VI).

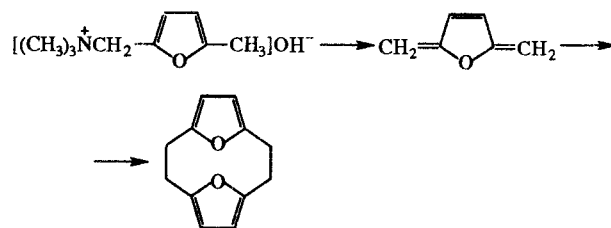
Наличие в Ц. заместителей или кратных связей указывают в их назв. с использованием обычных суффиксов и префиксов, напр. [2.2]метапарацicloфан-1,9-диен (XI). Названия Ц., имеющих цепочки одинаковой длины, м. б. записаны сокращенно, напр. [2₄]парацicloфан (III). Нек-рые Ц. имеют тривиальные назв., напр. производные [1.1.1.1](2,5)пирролофана – порфирины, а [1.1.1.0](2,5)пирролофана – коррины

(см. Корриноиды); большая группа гидроксильированных [1_n]метацicloфанов – производных пара-замещенных фенолов – носит назв. каликсарены, что отражает их пространств. строение (от лат. calix – чаша, кубок), напр. каликс[6]арен (XII).

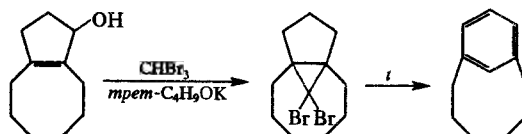


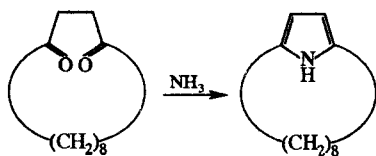
Свойства Ц. обусловлены напряженностью молекул и трансаннулярным взаимодей. π-электронной ареновой или гетероареновой системы с др. кольцом, фрагментом мостика или заместителем на «противоположной» стороне макроцикла. В низших [2.2]пара- и метациклофанах и [3.3]пара- и метациклофанах наблюдается даже искажение планарности бензольных колец. Невозможность вращения ароматич. кольца в Ц. приводит к существованию нек-рых моновзамещенных, напр. кислоты XIII, в виде оптич. изомеров. Функциональные замещенные Ц. проявляют способность к образованию комплексов с ионами и молекулами по типу «хозяин – гость». Нек-рые из этих комплексов по средству к ионам напоминают краун-эфиры. Напр., каликсарен XII (R = COOH) обладает значительно более высоким средством и селективностью по отношению к катиону уранила по сравнению с др. соед.; такие Ц. могут быть использованы для извлечения металлов из морской воды. Синтезированы комплексы, содержащие фрагменты Ц. и краун-эфиров (кавитанды, карцеранды), представляющие интерес как системы для мол. распознавания.

Получение. Ц. получают из производных ароматич. и гетероароматич. соединений. Так, [2.2]парацicloфан м. б. синтезирован из 4,4'-дибромметил-1,2-дифенилэтана по р-ции Вюрца. Для получения высших парацicloфанов используют циклизацию сложных эфиров в условиях внутримол. ацилоинового конденсации. Специфич. метод получения [2.2]парацicloфанов, [2.2]ортоцicloфанов и их аналогов – расщепление четвертичных аммониевых оснований по р-ции Гофмана, напр.:

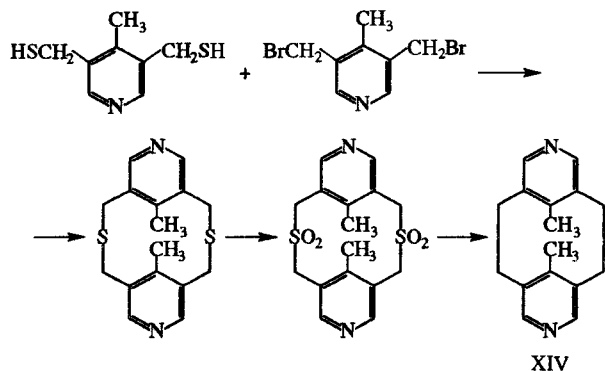


Второй путь синтеза – построение структуры Ц. на основе алициклич. или гетероциклич. систем. Напр., [6]метацicloфан м. б. получен из конденсир. алициклич. системы, включающей 5- и 8-членные циклы, а [8]пирролофан – из циклододекан-1,4-диона:





Третий путь синтеза – превращение одних Ц. в другие. При этом наиб. значение имеет экструзия SO_2 из макроциклич. сульфонов либо фотолитич. экструзия серы из тиациклофанов. Напр., пиридинофан XIV получают по схеме:



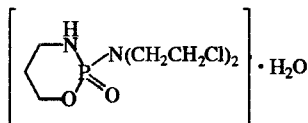
Соед. ф-лы II м.б. получено изомеризацией соед. I под действием AlCl_3 .

Применение. Перспективные области использования Ц. – создание искусств. ферментов и рецепторов, электропроводящих орг. материалов, ион-селективных электродов, катализаторов фазового переноса, систем для разделения молекул путем захвата во внутр. полость частиц лишь определенных размеров и др. Нек-рые полимерные Ц. обладают св-вами комплексов с переносом заряда.

Лит.: Гольдфарб Я.Л., Беленький Л.И., «Успехи химии», 1957, т. 26, в. 3, с. 362–87; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 437–42; Новое в жизни, науке и технике, сер. Химия, 1989, № 1,2; Vögtle F., Neumann P., «Synthesis», 1973, № 2, р. 85–103; Ferguson J., «Chem. Rev.», 1986, v. 86, № 6, р. 957–82.

Л.И. Беленький.

ЦИКЛОФОСФАН (моногидрат 2-оксо-2-[ди(2-хлорэтил)амино]тетрагидро-2,1,3-фосфоксазина, циклофосфамид, цитоксан, эндоксан, метоксан и др.), мол.м. 279,10; бесцв. кристаллы, раств. в воде (1:50), этаноле, хлороформе, бензоле, диоксане, трудно раств. в диэтиловом эфире, ацетоне, изотонич. р-ре NaCl . Получают конденсацией дихлорангидрида N,N-ди(2-хлорэтил)амидофосфорной к-ты с 3-амино-1-пропанолом в присут. триэтиламина в р-ре этилацетата с послед. обработкой продукта конденсации водой.



Ц. относится к азотистым аналогам иприта, алкилирует нуклеоф. центры биологически важных компонентов клетки, гл. обр. нуклеиновых к-т и белков, нарушает структуру митохондрий, избирательно снижает внутриклеточный уровень дифосфопиридиннуклеотида в опухолях. Вне организма неактивен. В микросомах печени в присут. трифосфопиридиннуклеотида и оксидаз метаболирует с образованием биологически активной формы – N-ди(2-хлорэтил)диамидофосфорной к-ты. Ц. применяют при разл. опухолевых заболеваниях. Он проявляет иммунодепрессивные св-ва.

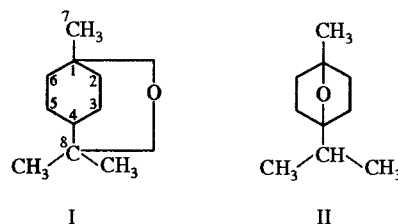
Лит.: Проценко Л.Д., Булкина З.П., Химия и фармакология синтетических противоопухолевых препаратов, К., 1985, с. 63. А.С. Соколова.

п-ЦИМОЛ (4-изопропил-1-метилбензол, 4-изопропилтолуол) $\text{p-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, мол.м. 134,22; бесцв. подвижная жидкость с ароматич. запахом (чистый п-Ц. имеет слабый

цитрусовый запах); т. пл. $-67,9^\circ\text{C}$, т. кип. $177,1^\circ\text{C}$; d_4^{20} 0,8575; n_D^{20} 1,4900–1,4908; раств. в этаноле и др. орг. р-рителях, не раств. в воде. Содержится в нек-рых скипидарах и мн. эфирных маслах (тминном, кориандровом, анисовом, эвкалиптовом и др.). Получают п-цимол пиролизом α -пинена, дегидрированием терпенов $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$, алкилированием толуола пропиленом и др.; он м.б. выделен также из отходов произ-ва камфоры, сульфитного скипидара и нек-рых эфирных масел. Р-ритель и сырье в нек-рых хим. произ-вах, ограниченно применяется при составлении парфюм. композиций и пищ. эссенций. Т. всп. 47°C , ЛД₅₀ 4,75 г/кг (крысы, перорально).

Л.А. Хейфиц.

ЦИНЕОЛ (1,8-цинеол, 1,8-эпокси-п-ментан, эвкалиптол, ф-ла I), мол.м. 154,25; вязкая жидкость с камфорным запахом и жгучим вкусом; т. пл. 1°C , т. кип. $176\text{--}177^\circ\text{C}$, $63^\circ\text{C}/15\text{ мм рт.ст.}$; d_4^{25} 0,921–0,923; n_D^{20} 1,454–1,461; р-римость в 70%-ном этаноле 1:1,5 (или 1:2), в 50%-ном – 1:12, раств. в нек-рых др. орг. р-рителях, плохо – в воде. Содержится в эвкалиптовом (30–70%), лавровом (до 50%) маслах, масле из семян цитварной полыни (до 80%) и др. При действии спиртового р-ра H_2SO_4 Ц. превращается в терпинен и терпинолен, при нагр. с разбавленной H_2SO_4 образуется 1,8-терпинидрат, при действии уксусного ангидрида – диацетат 1,8-терпина и ацетат α -терпинеола. Со мн. в-вами (HNaI , смесь I_2 с HI , H_3PO_4 , резорцин, о-крезол, α - и β -нафтолы) Ц. образует кристаллич. продукты присоединения. Выделяют Ц. из эфирных масел либо получают дегидратацией 1,8-терпина или терпинеола при нагр. с разбавленными к-тами. Применяют Ц. в медицине как антисептич. и отхаркивающее ср-во, а также как компонент искусств. эфирных масел. Т. всп. 50°C .



Известен структурный изомер Ц. – 1,4-цинеол (ф-ла II), жидкость с камфорным запахом; т. пл. -46°C , т. кип. $172\text{--}173^\circ\text{C}$; d_4^{20} 0,898–0,901; n_D^{20} 1,445–1,448. В природе распространен значительно меньше, чем Ц., существенно отличается от него по хим. св-вам.

Л.А. Хейфиц.

ЦИНК (лат. Zincum), Zn, хим. элемент II гр. периодич. системы; ат.н. 30, ат.м. 65,39. Природный Ц. состоит из 5 стабильных нуклидов: ^{64}Zn (48,6%), ^{66}Zn (27,9%), ^{67}Zn (4,1%), ^{68}Zn (18,8%) и ^{70}Zn (0,6%). Известен ряд радиоактивных нуклидов, важнейший из них – ^{65}Zn с $T_{1/2}$ 244 сут. Конфигурация внеш. электронных оболочек атома $3d^{10}4s^2$; степень окисления +2; энергия ионизации при последоват. переходе от Zn^0 к Zn^{3+} 9,39, 17,96 и $39,70\text{ эВ}$; сродство к электрону 0,09 эВ; электроотрицательность по Полингу 1,66; атомный радиус 0,139 нм, ионный радиус (в скобках указано координац. число) Zn^{2+} 0,060 нм (4), 0,068 нм (5), 0,0740 нм (6), 0,090 нм (8).

Содержание Ц. в земной коре $7\cdot 10^{-3}\%$ по массе, в воде морей и океанов 0,01 мг/л. Известно более 70 минералов Ц., из них важнейшие: сфалерит (цинковая обманка) – кубич. модификация ZnS , его светлая разновидность – клейофан, черная – марматит; вюрцит (вюрцит) – гексагон. модификация ZnS ; смитсонит ZnCO_3 ; каламин $\text{Zn}_4(\text{OH})_6\text{Si}_2\text{O}_7\cdot\text{H}_2\text{O}$; цинкит ZnO ; виллемит Zn_2SiO_4 ; франклинит ZnFe_2O_4 . Минералы Ц. обычно ассоциируются с минералами Pb и Cu в полиметаллич. рудах. Постоянные спутники Ц. в рудах – рассеянные элементы – Cd, In, а также Ge, Ga, Tl.

Свойства. Ц. – голубовато-белый металл. Кристаллич. решетка гексагон. плотноупакованная, $a = 0,26649\text{ нм}$, $c = 0,49468\text{ нм}$, $z = 2$, пространств. группа $\text{C6}/mm\bar{3}$; т. пл. $419,58^\circ\text{C}$, т. кип. $906,2^\circ\text{C}$; плотн. $7,133\text{ г/см}^3$; C_p

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЦИНКА

Показатель	Zn ₃ P ₂	ZnSb	ZnAl ₂ O ₃	Zn[B ₂ O ₃ (OH) ₅] × × H ₂ O	ZnCO ₃	Zn ₂ SiO ₄	Zn ₃ (PO ₄) ₂	Zn ₃ (AsO ₄) ₂ × × 4H ₂ O	ZnWO ₄
Цвет	Серо-стальной	Серый	Зеленый	Бесцв.	Бесцв.	Бесцв.	Бесцв.	Бесцв.	Бесцв.
Сингония	Тетрагон. ^a	Ромбич.	Кубич.	Ромбич.	Тригон.	Тригон.	Моноклинная ^c	Триклинная ^c	Моноклинная ^c
Параметры решетки, нм:									
a	0,8097	0,6212	0,80883	0,755	0,465	1,394	0,814	0,599	0,469
b	—	0,7741	—	0,895	—	—	0,563	0,763	0,574
c	1,145	0,8115	—	1,010	1,503	0,9309	1,504	0,543	0,496
Число формульных единиц в ячейке	—	8	8	4	6	18	4	1	2
Пространств. группа	<i>P4₂/nmc</i>	<i>Pbca</i>	<i>Fd3m</i>	<i>Pnma</i>	<i>R3c</i>	<i>R3</i>	<i>C2/c</i>	—	<i>P2/c</i>
Т.пл., °C	1193	546	1950 ^d	—	—	1512	1060	—	1200
Плотн., г/см ³	4,54	6,36	4,58	2,44	4,40	4,103	4,0	3,79	7,79
C _p ⁰ , Дж/(моль·К)	—	—	—	—	80,1	123,3	—	—	126
ΔH _{обр} ⁰ , кДж/моль	190,6	-16,8	-2067	—	-818	-1641	-2900	—	-1230,6
S ₂₉₈ ⁰ , Дж/(моль·К)	—	—	—	—	82,4	131,4	—	—	129,9

^a Т-ра полиморфного перехода 880 °C. ^b Т-ра разложения. ^c β = 105,13'. При 940 °C переходит в другую моноклинную форму. ^d α = 94,18', β = 91,12', γ = 92,4° β = 89,5'.

25,4 Дж/(моль·К); ΔH_{пл}⁰ 7,2 кДж/моль, ΔH_{исп}⁰ 115,3 кДж/моль, S₂₉₈⁰ 41,6 Дж/(моль·К); ур-ния температурной зависимости давления пара: lg p (мм рт.ст.) = 10,084 - 6910/T + 0,192 lg T + 0,524 · 10⁻²T (298 - 692,7K), lg p (мм рт.ст.) = 8,242 - 6294/T - 0,015 lg T (692,7 - 1164K); температурный коэф. линейного расширения 25,0 · 10⁻⁶K⁻¹ (273 - 373K); теплопроводность 116,0 Вт/(м·К); ρ 5,92 мкОм·см, температурный коэф. ρ 3,7 · 10⁻³K⁻¹ (298 - 398K). Ниже 0,825K Ц. — сверхпроводник. Диамагнитен, магн. восприимчивость - 0,175 · 10⁻⁹. Модуль упругости Ц. 99,2 ГПа (293K); σ_{раст} 70-100 МПа; относит. удлинение 20-60%; твердость по Бриггелю для отожженного образца 412 МПа. При комнатной т-ре Ц. хрупок, при 100-150 °C становится пластичным и прокатывается в тонкие листы и проволоку, при 200-250 °C становится очень хрупок, м.б. истолчен в порошок.

Стандартный электродный потенциал Ц. -0,76 В. Компактный Ц. тускнеет на воздухе, покрываясь тонким слоем *цинка оксида*, влажный воздух, особенно в присут. CO₂, постепенно разрушает Ц. при комнатной т-ре. При сильном нагр. на воздухе Ц. сгорает с образованием ZnO. Пары воды при красном калении реагируют с Ц. с выделением H₂. Ц. обычной чистоты легко взаимодей. с к-тами с образованием солей и с р-рами щелочей с образованием гидроцинкатов, напр. Na₂[Zn(OH)₄], раств. в р-рах NH₃ и солей аммония, FeCl₃, вытесняет Cu, Cd и др. более электроположит. металлы из р-ров их солей. Ц. высокой чистоты почти не реагирует ни с к-тами, ни с р-рами щелочей. Ц. не взаимодей. с H₂, но H₂ незначительно раств. в Ц. при повышенных т-рах. Электролитич. Ц. может содержать до 1 см³ H₂ на 1 г металла. Гидрид ZnH₂ получают косвенными методами, напр. действием LiAlH₄ на Zn(CH₃)₂ в диэтиловом эфире; устойчив в отсутствие влаги, медленно разлагается водой, быстро — к-тами; не раств. в эфире. С N₂ Ц. не реагирует, с NH₃ при 550-600 °C образует нитрид Zn₃N₂, к-рый устойчив на воздухе, разлагается водой.

С галогенами выше т-ры плавления (в присут. паров воды — при комнатной т-ре) Ц. образует *цинка галогениды*, с халькогенами при нагр. — *цинка халькогениды*. Кипящий Ц. растворяет незначит. кол-во углерода. Сообщения о синтезе карбида действием ацетилена на Ц. не подтвердились, но получены тройные карбиды, напр. Ni₃ZnC. Растворимость Si в металлич. Ц. 0,06% при 600 °C и увеличивается с ростом т-ры. Силициды Ц., как и бориды, неизвестны. В расплавленном Ц. растворяется до 15% P. При действии паров P на Ц. при нагр. образуются фосфиды Zn₃P₂ и ZnP₂. Получены арсениды аналогичного состава, при сплавлении с Sb — антимониды Zn₃Sb₂, Zn₄Sb₃ и ZnSb. Все соедин. Ц. с P, As и Sb — полупроводники.

Соли Ц. бесцветны, если не содержат окрашенных анион-р-рах они сильно диссоциированы, р-ры имеют кислую реакцию вследствие гидролиза. При действии р-ров щелочей NH₃ осаждаются, начиная с pH ~ 5, гидроксосоли, напр. Zn₂(OH)₂SO₄, переходящие в гидроксид Zn(OH)₂, к-рый раств. в избытке осадителя.

Для Ц. характерны комплексы с NH₃. Сухие соли Ц. поглощают до 6 молекул NH₃. Гидроксид и соли Ц. раств. в р-рах NH₃ с образованием комплексных катионов, содержащих от 1 до 6 молекул NH₃. Комплексные аммиакаты хорошо раств. в воде, из р-ров в кристаллич. виде выделены гл. обр. [Zn(NH₃)₂]X₂ и [Zn(NH₃)₄]X₂. Труднорастворимый цианид Zn(CN)₂ с избытком цианидов щелочных металлов образует легко р-римые комплексы M₂[Zn(CN)₄] и M[Zn(CN)₃], сульфит — комплексы M₂[Zn(SO₃)₂]. Хорошо растворимые в воде тиосульфат и тиоцианат Ц. дают соотв. комплексы [Zn(S₂O₃)₂]²⁻ и [Zn(SCN)₄]²⁻.

Фосфид Zn₃P₂ (табл.) разлагается горячей водой и к-тами с выделением PH₃; зооцид (родентицид). Антимонид ZnSb — полупроводник с шириной запрещенной зоны ΔE 0,61 эВ; в воде и орг. р-рителях не раств., медленно реагирует с минеральными к-тами; монокристаллы выращивают направленной кристаллизацией, зонной плавкой или вытягиванием по Чохральскому; материал для термоэлектрических генераторов.

Кобальтат (зелень Ринмана) состава от ZnCo₂O₄ до ZnCoO₂ — зеленые кристаллы со структурой типа шпинели, получают спеканием оксидов или прокаливанием совместно осажженных гидроксокарбонатов; пигмент для керамики. Борат Zn[B₂O₃(OH)₅]·H₂O при нагр. обезвоживается до Zn₂B₆O₁₁, к-рый разлагается при 610 °C; получают взаимодей. H₂BO₃ с гидроксидом или гидроксокарбонатом Ц.; борат и его гидраты — антипирены для тканей и бумаги, пигменты в лакокрасочных покрытиях, компоненты люминофоров, флюсов для пайки и сварки металлов.

Карбонат ZnCO₃ разлагается выше ~ 150 °C; практически не раств. в воде (5,7 · 10⁻⁵ по массе) и в орг. р-рителях. при кипячении с водой переходит в гидроксокарбонат; легко раств. в к-тах, р-рах щелочей и солей аммония; получают действием на р-р ZnSO₄ р-ром KHCО₃, насыщенным CO₂, с длительной выдержкой на холоде; в природе — минерал смитсонит. Гидроксокарбонат имеет переменный состав, выделены Zn₂(OH)₂CO₃·2H₂O, Zn₄(OH)₆CO₃·nH₂O, Zn₅(OH)₆(CO₃)₂ (минерал гидроцинкит) и др.; р-римое в воде ~ 1 · 10⁻³% по массе; при 140 °C разлагается; получают действием Na₂CO₃ на р-р ZnSO₄ при кипячении. Карбонаты используют для получения др. соединений Ц.

Ортосиликат Zn₂SiO₄ не раств. в воде и орг. р-рителях, раств. в 20%-ной HF, разлагается соляной к-той; получают

взаимод. SiCl_4 или SiF_4 с ZnO , обжигом смеси SiO_2 , ZnCl_2 и NaCl в присут. паров воды, гидротермальным синтезом из ZnO и SiO_2 в содовых р-рах; в природе – минерал виллемит; люминофор.

Ортофосфат $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ из водных р-ров кристаллизуется в виде тетрагидрата; не раств. в воде и орг. р-рителях, раств. в разб. к-тах, р-рах щелочей и NH_3 ; при 110°C теряет 2 молекулы воды, при 210°C полностью обезвоживается; получают взаимод. р-ров ZnSO_4 и Na_2HPO_4 или растворением ZnO в H_3PO_4 , безводный – взаимод. ZnO с $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; тетрагидрат – в природе минерал голейт; компонент композиционных и смазочных материалов, катализаторов орг. синтеза, антикоррозионных пигментов, люминофоров, цинковых удобрений. Ортоарсенат $\text{Zn}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ при 150°C переходит в моногидрат, при 290°C обезвоживается; известен также октагидрат – в природе минерал кеттигит; не раств. в воде и орг. р-рителях, раств. в к-тах, р-рах щелочей и NH_3 ; получают взаимод. р-ров ZnSO_4 и Na_2HAsO_4 ; антисептик для древесины, инсектицид, компонент необрастающих красок. Стеарат $(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COO})_2\text{Zn}$, т. пл. 130°C ; не раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире; вспомогат. сиккатив, загуститель смазок, компонент косметич. кремов, пудры и др.

См. также Цинка ацетат, Цинка сульфат, Цинка хлорид, Цинкорганические соединения.

Получение. Исходное сырье в произ-ве Ц. – сульфидные цинковые и полиметаллич. руды. Используют как гидрометаллургич., так и пирометаллургич. методы получения Ц. Гидрометаллургически получают 85% всего Ц. Цинковые концентраты после флотационного обогащения для удаления S обжигают в печах кипящего слоя или во взвешенном состоянии. Огарок выщелачивают содержащим H_2SO_4 отработанным электролитом (см. ниже). Полученный р-р ZnSO_4 тщательно очищают от Fe обработкой ZnO или избытком исходного огарка (стадия «нейтрального выщелачивания»). Вместе с Fe сосажаются As, Sb, Al, In, Ga и др. Примеси Cu и Cd, а также Ni удаляют действием цинковой пыли с получением т. наз. медно-кадмиевого кеса. Примесь Co удаляют осаждением α -нитрозо- β -нафтолом либо этилксантогенатом Na или K. Для удаления хлора используют либо Ag_2SO_4 , либо CuSO_4 и цинковую пыль.

Из очищенного р-ра Ц. осаждают электролитически на алюминиевых катодах. Отработанный электролит возвращают на выщелачивание. Остатки от выщелачивания («цинковые кеки») обычно содержат значит. кол-ва Ц. в виде малорастворимых соед., напр. феррита, а также Pb и др. металлы. Эти кеки либо дополнительно выщелачивают более крепкой H_2SO_4 , либо подвергают вальцеванию – обжигу вместе с коксиком в барабанных вращающихся печах при $\sim 1200^\circ\text{C}$, в результате чего образуются возгонные оксиды Zn и Pb – «вельды-оксиды». Эти возгоны перерабатывают гидрометаллургически, подобно вышеописанному, в отдельной технол. ветви с попутным выделением концентрата In и др. редких элементов.

Пирометаллургич. произ-во Ц. также начинают окислит. обжигом, но с получением кускового материала – либо обжигом на ленточной агломерационной машине, либо спеканием порошкообразного огарка. Агломерат в смеси с углем или коксом восстанавливают при т-ре выше т-ры кипения Ц. Для этой цели используют либо ретортные печи (при этом Ц. отгоняется, но шихта полностью не расплавляется), либо шахтные или электрич. рудно-термич. печи, в к-рых шихта полностью расплавляется. Во всех случаях пары металлич. Ц. конденсируются. Наиб. летучая фракция, обогащенная Cd, т. наз. пусыера – собирается отдельно и перерабатывается для извлечения Cd. Твердые остатки в ретортных печах – «раймовки» – перерабатываются дальше путем, напр., вальцевания.

Для очистки Ц. применяют ликвацию (отделение Pb и Fe), двухступенчатую ректификацию (отделение Pb и Cd, а также Cu, Fe и пр.) и хим. методы, в частности удаление Pb действием металлич. Na и удаление Fe действием Al под слоем флюса. Ц., полученный гидрометаллургич. путем, переplав-

ляют с добавлением флюса NH_4Cl , что способствует удалению TI и др.

Для получения Ц. высокой чистоты используют дистилляцию в инертной атмосфере или в вакууме, ректификацию и зонную перекристаллизацию в атмосфере Ar. Предложены методы электролитич. рафинирования, в частности с амальгамными электродами.

Определение. При систематич. анализе Ц. попадает в группу сульфида аммония. Качественно Ц. обнаруживают по р-ции с $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ – в присут. ионов Cu образуется фиолетовый, в присут. ионов Co – синий осадок. Применяют также р-цию с дитизоном (красное окрашивание), метиловым фиолетовым (синее окрашивание или фиолетовый осадок в присут. NH_4SCN) и др. Удобно спектральное определение Ц. по группе из трех линий 334,502, 334,557 и 334,593 нм или по двум линиям 330,259 и 330,294 нм. Количественно Ц. определяют гравиметрически осаждением в виде NH_4ZnPO_4 с послед. прокаливанием до $\text{Zn}_3\text{P}_2\text{O}_7$, осаждением $\text{Zn}[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ или гидрооксихинолината Ц. Но чаще используют титриметрич. методы – титрование комплексоном III в кислой или щелочной среде с индикаторами эриохром черный Т (рН 10), мурексид, кислородный оранжевый, дитизон (рН 4–5) и т. д. Для определения малых кол-в Ц. применяют фотометрич. метод, в частности с использованием дитизона. Применяют полярографич. метод, амперометрич. и потенциометрич. титрование (напр., ферроцианидом K), эмиссионный спектральный, атомно-абсорбционный и др.

Применение. Оsn. область использования – антикоррозионные покрытия (цинкование) железа и стали. Листы металлич. Ц. применяют в аккумуляторах и сухих элементах, в типографском деле. Ц. используют в металлургии при рафинировании Pb от Ag и Au; цинковую пыль – для выделения Cd, In, Au и т. п. из р-ров цементаций. Ц. в соляной к-те и цинковая пыль – восстановители в орг. синтезе. Широко применяют цинка сплавы, расходуется Ц. также на произ-во разл. соед., в частности пигментов (цинковые белила). Примерное распределение Ц. по областям использования (в %) – цинкование и покрытия сплавами Ц. – 45; хим. источники тока – 20; латуни и бронзы – 15; сплавы на основе Ц. – 12; пигменты и пр. – 8.

Объем мирового произ-ва Ц. (без СССР) 5,22 млн. т (1989). Оsn. производители – Канада, Япония, США, Германия, Бельгия, Франция, Австралия.

Ц. в небольших кол-вах необходим для жизнедеятельности растений (см. *Цинковые удобрения*), животных и человека, т. к. входит в состав нек-рых ферментов и гормонов. Потребность человека в Ц. 15 мг в сут.

Металлич. Ц. малотоксичен, но хранить продукты в цинковой посуде не рекомендуется. Нек-рые соед., в частности оксид, фосфид, токсичны. Пары ZnO , а также цинковая пыль вызывают т. наз. литейную лихорадку (симптомы – озноб, ломота и боль в мышцах, головная боль, тошнота и кашель). Р-римые соли Ц. вызывают расстройство пищеварения, раздражение слизистых оболочек. В воздухе рабочей зоны ПДК ZnO 0,5 мг/м³, временно допустимая доза ZnCO_3 и ZnSe 2,0 мг/м³, фосфатов и нитрата 0,5 мг/м³, ПДК в воде для Ц. 1,0 мг/л, в водоемах для разведения рыб 0,01 мг/л, в почве 23,0 мг/кг. ПДК Ц. в продуктах питания, мг/кг: рыбных – мясных 20,0, молочных 5,0, хлебе, зерне 25,0, овощах, фруктах, соках 10,0. Цинковая пыль пирофорна.

Сплавы Ц. (латуни) были известны с глубокой древности (2400–2000 до н. э.). Получение Ц. описал Страбон (1 в. до н. э.). Пром. произ-во Ц. в Европе началось в 1743, в Китае на 400 лет раньше.

Лит.: Лакерник М. М., Павлова Г. Н., Металлургия цинка и кадмия, М., 1969; Живописцев В. П., Селезнева Е. А., Аналитическая химия цинка, М., 1975; Зайцев В. Я., Маргулис Е. В., Металлургия свинца и цинка, М., 1985; Aylett B. J., в кн.: Comprehensive inorganic chemistry, v. 3, Oxf. – [а. о.], 1973, p. 187–253.

П. И. Федоров.

ЦИНКА АЦЕТАТ $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, бесцв. кристаллы тетрагон. сингонии ($a=1,113$ нм, $c=1,095$ нм, $z=8$); плотн. 1,84 г/см³; $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –1078 кДж/моль; раств. в воде (28,5% по массе при 20°C 20,9% при 100°C), метаноле, ацетоне, ани-

лине, пиридине. Т. пл. 242 °С, но уже выше 200 °С начинает разлагаться с выделением ацетона и образованием оксоацетата $Zn_4O(CH_3COO)_6$ (кристаллы кубич. сингонии, $a = 1,65$ нм; при 200 °С и давлении ок. 20 кПа возгоняется).

Из водных р-ров кристаллизуется дигидрат $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ — моноклинные кристаллы ($a = 1,453$ нм, $b = 0,533$ нм, $c = 1,091$ нм, $\beta = 99,6^\circ$, $z = 4$, пространств. группа $C2/c$); плотн. 1,77 г/см³; $\Delta H_{обр}^\circ$ — 1673 кДж/моль; при ~100 °С обезвоживается. Описан также моногидрат Ц. а., выделенный из водно-этанольных р-ров ($\Delta H_{обр}^\circ$ — 1378 кДж/моль).

Получают Ц. а. взаимодействием ZnO или $ZnCO_3$ с уксусной к-той. Используют как фиксатор при крашении тканей, консервант древесины, противогрибковое ср-во в медицине, катализатор в орг. синтезе. Входит в состав зубных цементов, используется при произ-ве глазурей, фарфора. П. И. Федоров.

ЦИНКА ГАЛОГЕНИДЫ, бесцв. кристаллы тетрагон. сингонии (табл.; см. также Цинка хлорид). Фторид ZnF_2 кристаллизуется в структурном типе рутила; при высоких давлениях получены также моноклинная модификация со структурой типа ZrO_2 , кубич. типа флюорита и ромбич. со структурой типа $\alpha-PbO_2$; ур-ние температурной зависимости давления пара $\lg p$ (мм рт. ст.) = $26,90 - 13650/T + 5,03 \lg T$ (1148 — 1778 К); гигроскопичен, мало раств. в воде (1,62% при 20 °С), не раств. в этаноле, разлагается горячими минеральными к-тами. Описан кристаллогидрат с 4 молекулами воды (плотн. 2,567 г/см³), к-рый обезвоживается выше 120 °С. При гидролизе р-ров фторида образуются гидроксофториды, напр. $Zn(OH)F$. При нагр. на воздухе и в токе водяного пара ZnF_2 превращается в ZnO . Получают ZnF_2 действием плавиковой к-ты на $ZnCO_3$ или взаимод. р-ров NaF и $ZnSO_4$ с послед. обезвоживанием. ZnF_2 — материал для лазеров, компонент люминофоров, глазурей, эмалей, спец. стекол, р-ров для цинкования, консервант для древесины, протрава при крашении. Токсичен.

СВОЙСТВА ГАЛОГЕНИДОВ ЦИНКА

Показатель	ZnF_2	$ZnBr_2$	ZnI_2
Параметры решетки*, нм:			
a	0,47034	1,140	1,227
c	0,31335	2,180	2,354
Число формульных единиц в ячейке	2	32	32
Пространств. группа	$P4/mmm$	$I4_1/acd$	$I4_1/acd$
Т. пл., °С	890	402	446
Т. кип., °С	1505	670	727
Плотн., г/см ³	4,94	4,20	4,736
S_{98}° , Дж/(моль·К)	65,6	66	—
$\Delta H_{обр}^\circ$, кДж/моль	-764	-329,7	-208,2
S_{298}° , Дж/(моль·К)	73,7	136	161
$\Delta H_{пл}^\circ$, кДж/моль	41,8	15,7	17
$\Delta H_{исп}^\circ$, кДж/моль	185	109,6	96,2

* Тетрагон. сингония.

Бромид $ZnBr_2$ — кроме тетрагон. модификации, известна ромбоэдрич. со структурой типа $CdCl_2$ ($a = 0,392$ нм, $c = 1,873$ нм, $z = 3$, пространств. группа $R3m$). Еще две модификации найдены при высоких давлениях. Может образовывать стекла с плотн. 3,77 г/см³; летуч, возгоняется; хорошо раств. в воде (82,5% по массе при 25 °С, 86,6% при 80 °С). При т-рах от -8 до 35 °С из р-ров кристаллизуется дигидрат $ZnBr_2 \cdot 2H_2O$ (т. пл. 37 °С), ниже -8 °С — тригидрат, выше 35 °С — безводный бромид. Кристаллогидраты, как и безводный бромид, легко распыляются на воздухе. При гидролизе р-ров бромида образуются гидроксобримиды разл. состава, напр. $Zn_3(OH)_8Br_2$. Бромид хорошо раств. в этаноле, хуже — в эфире, пиридине и хинолине; в CS_2 нерастворим. Получают взаимод. Zn с Br_2 в водном р-ре. Используют как реагент в орг. синтезе, компонент стекол для ИК оптики, конц. р-ры — для наполнения радиационных экранов. Слабо токсичен.

Иодид ZnI_2 — очень гигроскопичен; на свету желтеет. Кроме тетрагональной, известны ромбоэдрич. модификация

со структурой типа $CdCl_2$ ($a = 0,425$ нм, $c = 2,15$ нм) и разл. полиморфы. При нагр. на воздухе превращается в ZnO . Очень хорошо раств. в воде (81,2% при 18 °С, 83,1% при 80 °С), этаноле, хуже — в эфире, ацетоне, глицерине, пиридине; не раств. в CS_2 . Большим избытком воды гидролизует. Устойчивая фаза в водных р-рах ниже 0 °С — дигидрат (т. пл. 27 °С), выше 0 °С — безводный иодид. Описан также тетрагидрат, превращающийся при -7 °С в дигидрат. Получают иодид взаимод. Zn с I_2 в водном р-ре с послед. выпариванием и высушиванием. Очищают сублимацией. Используют как катализатор в орг. синтезе, аналит. реагент, антисептик в медицине.

Взаимод. Zn с I_2 при 1000 °С под давлением получен моноиодид ZnI черного цвета, быстро окисляющийся на воздухе. П. И. Федоров.

ЦИНКА ГИДРОКСИД, см. Цинка оксид.

ЦИНКА ОКСИД ZnO , бесцв. кристаллы гексагон. сингонии ($a = 0,32495$ нм, $c = 0,52069$ нм, $z = 2$, пространств. группа $P6_3/mc$); т. возг. 1800 °С; плотн. 5,7 г/см³; S_{98}° 40,28 Дж/(моль·К); $\Delta H_{обр}^\circ$ -350,80 кДж/моль, S_{298}° 43,67 Дж/(моль·К); показатели преломления 2,015 и 2,068. Амфотерен; с щелочами дает гидроксоцинкаты, напр., $Na[Zn(OH)_3]$, $[Na_2Zn(OH)_4]$, $[Ba_2Zn(OH)_6]$, с р-рами солей — простые или двойные гидроксоли $Zn(OH)NO_3$, $Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot 2H_2O$, $Zn_2Cr(OH)_6NO_3 \times xH_2O$, при нагр. с SiO_2 и B_2O_3 — стекловидные Zn_2SiO_4 и $Zn(B_2O_3)_2$, с оксидами металлов — цинкаты, напр. $CoZnO_2$. Восстанавливается до Zn углеродом, CO , H_2 , CH_4 , CaC_2 и ферросилицием при нагр. до ~1000 °С.

Ц. о. встречается в природе в виде минерала цинкита. Получают Ц. о. обжигом цинкового концентрата, послед. продувкой его воздухом при 1200 °С и улавливанием пылевидного Ц. о. в спец. фильтрах, а также сжиганием Zn на воздухе или прокаливанием гидроксида, нитрата или оксалата Zn . Ц. о. — белый пигмент для красок (цинковые белила), активатор вулканизации и наполнитель в резиновой пром-сти, компонент косметич. препаратов — кремов, пудры, лек. ср-в, масел, паст, присыпок при кожных заболеваниях, зубных цементов, катализатор синтеза метанола, полупроводниковый материал, компонент люминофоров.

Ц. о. ядовит, вызывает т. наз. литейную лихорадку; ПДК в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м³, в атм. воздухе 0,05 мг/м³.

Гидроксид цинка $Zn(OH)_2$ — бесцв. кристаллы или аморфное в-во; известно 5 полиморфных модификаций $Zn(OH)_2$, из к-рых устойчивой является только е (ромбич. сингония); мало раств. в воде, амфотерен (основные св-ва преобладают); с щелочами образует гидроксоцинкаты, с избытком NH_3 — $[Zn(NH_3)_6](OH)_2$; получают осаждением щелочами из р-ров солей Zn ; применяют для синтеза разл. соед. цинка. В. П. Данилов.

ЦИНКА СПЛАВЫ, относятся к легкоплавким сплавам. Осн. легирующие элементы — Al , Cu и Mg , содержание к-рых может достигать соотв. 19–21, 14–16 и 0,03–0,06% по массе. Наиб. вредные примеси — Pb , Fe , Cd , Sn и Cu , вызывающие межкристаллитную коррозию; в Ц. с. их содержание не превышает 0,001–0,05%.

Ц. с. технологичны при плавке, литье, обработке давлением и резанием. В зависимости от состава и назначения Ц. с. подразделяют на деформируемые, литейные, антифрикционные, припой, типографские и протекторные.

Деформируемые Ц. с. содержат до 13–17% Al , 4,5–5% Cu и 0,05% Mg . Основа деформируемых Ц. с. — твердый р-р легирующих элементов в Zn , имеющий гексагон. плотноупакованную решетку. Предел прочности $\sigma_{раст}$ 300–480 МПа, относит. удлинение δ 8–30%, твердость по Бринеллю HB 750–1150 МПа; по своим мех. св-вам подобны латуням.

Слитки деформируемых Ц. с. получают методами наполнительного и полунепрерывного литья; из слитков затем изготовляют разл. полуфабрикаты (листы, полосы, прутки и др.).

Литейные Ц. с. содержат 3,5–4,3% Al , 0,6–3,5% Cu и 0,03–0,06% Mg . В структуре помимо твердого р-ра на основе Zn присутствуют разл. эвтектич. составляющие. Отличаются узким интервалом кристаллизации, высокой жидкотекуче-

стью – в расплавленном виде хорошо заполняют литейную форму; не взаимодей. с металлом прессформы и камеры прессования, что позволяет получать точные по размерам и сложные по форме отливки с тонкими стенками, пов-сть к-рых не требует обработки.

Изделия из этих сплавов получают пл. обр. литьем под давлением, реже – литьем в металлич. или песчаные формы. Используют в автомобилестроении (карбюраторы, корпуса насосов, детали декоративной отделки), приборостроении (корпуса приборов, печатных машин), произ-ве бытовой техники (детали холодильников, пылесосов) и др.

Антифрикционные Ц.с. содержат 9–12% Al, 1–5,5% Cu и 0,03–0,06% Mg. В структуре содержат мягкую (твердый р-р на основе Al) и твердую (твердый р-р на основе Zn и CuZn₂) составляющие, обеспечивающие соотв. прирабатываемость подшипника к шейке вала и низкий коэф. трения (0,009). По сравнению с Sn-бронзами и Pb-бabbitами имеют более высокий коэф. термич. расширения.

Получают методами литья и обработки давлением. Используют в качестве моно- и биметаллич. вкладышей и втулок подшипников, направляющих скольжения; заменяют Sn-бронзы и Pb-бabbitы в узлах трения металлорежущих станков, прессов, подъемно-транспортных машин и механизмов.

Припои отличаются разнообразным составом – помимо Al (от 2–3 до 19–21%) и Cu (от 3–5 до 14–16%) могут содержать Cd (от 20–25 до 39–41%) и Sn (от 0,5 до 15–40%), а также 4–5% Ag, 0,5–1,5% Pb и др. В структуре содержат разл. эвтектич. составляющие. Интервал кристаллизации от 163–346 (Ц.с. с Cd и Sn) до 480–490 °C (с Al и Cu).

Применяют при пайке изделий из Al-, Mg- и Zn-сплавов. При содержании Sn > 30% Ц.с. обладают наиб. высокой прочностью и достаточной пластичностью, однако во влажной атмосфере паянные этими припоями места соединения нуждаются в защите от коррозии с помощью лакокрасочных покрытий.

Типографские Ц.с. содержат 2,2–7,5% Al, 0,06–4,5% Cu или 1,2–1,8% Mg. Отличаются высокими литейными св-вами (жидкотекучестью), сопротивляемостью истиранию. Применяются в полиграфии при отливке шрифтов ручного и машинного набора. Служат заменителями токсичных сплавов на основе Pb.

Протекторные Ц.с. содержат 0,2–0,7% Al и добавки Mg и Mn (по 0,2%) или Ti и Si (до 0,1% каждого). Применяются для защиты от коррозии подводной части и внутр. пов-сти отсеков морских судов, металлич. резервуаров и сооружений. От аналогичных Al- и Mg-сплавов отличаются пожаро- и взрывобезопасностью, при анодном растворении не выделяют H₂, незначительно изменяют pH окружающей среды. Имеют стационарный отрицат. потенциал 800–820 мВ, рабочий – 730–750 мВ, фактич. токоотдачу 740–780 а·ч/кг и уд. расход 11,2–11,8 кг/(А·г).

Недостатки Ц.с.: невысокая стойкость против коррозии (особенно во влажной атмосфере и при нагревании), к-рую повышают нанесением металлич. (Cr, Ni, Cd) и лакокрасочных покрытий, а также изменение мех. св-в и размеров в результате естественного старения.

Полуфабрикаты и изделия из Ц.с. подвергают разл. видам термич. обработки. Гомогенизационный отжиг литых Ц.с. проводят при 320–340 °C, рекристаллизационный (для повышения пластичности и уменьшения анизотропии мех. св-в) – при ~ 200 °C. Для стабилизации размеров отдельные Ц.с. подвергают закалке от 360 °C и старению в течение 3–10 ч при 60–100 °C.

Лит.: Мальцев В. В., Металлография промышленных цветных металлов и сплавов, 2 изд., М., 1970; Кечин В. А., Люблинский Е. Я., Цинковые сплавы, М., 1986. А. М. Захаров.

ЦИНКА СУЛЬФАТ ZnSO₄, бесцв. кристаллы ромбич. сингонии (*a* = 0,6731 нм, *b* = 0,8581 нм, *c* = 0,4760 нм, *z* = 4, пространств. группа *Pnma*); плотн. 3,54 г/см³; *S*_р⁰ 99,14 Дж/(моль·К); *ΔH*_{обр}⁰ –982,01 кДж/моль; *S*₂₉₈⁰ 110,62 Дж/(моль·К); при нагр. до 600–800 °C разлагается до SO₃ и оксосульфатов, выше 930 °C образуется ZnO. Раств. в воде и глицерине. Р-римость в воде растет почти линейно с

т-рой от 27,6% по массе при –7 °C до 41,4% при 39 °C. В этом интервале т-р кристаллизуется гексагидрат ZnSO₄·7H₂O (цинковый купорос) с ромбич. решеткой. При 39–70 °C кристаллизуется гексагидрат, р-римость Ц.с. при этом 47,7% (70 °C). Выше 70 °C образуется моногидрат, р-римость Ц.с. падает до 44% (105 °C). Моногидрат обезвоживается при 238 °C. Известны также нестабильные тетра-, ди- и гексагидраты (моноклинной сингонии).

Описаны основные сульфаты Zn, напр. 3Zn(OH)₂·ZnSO₄ × 4H₂O, а также кислый Ц.с. ZnSO₄·H₂SO₄, кристаллизующийся из 95%-ного р-ра H₂SO₄. Известны также двойные сульфаты: Na₂SO₄·ZnSO₄·4H₂O, K₂SO₄·ZnSO₄·6H₂O и др.

Ц.с. получают из вторичного сырья и из руд при обработке H₂SO₄. Образующийся р-р применяют в произ-ве вискозы, как микроудобрение и добавку к кормам, компонент электролита при получении Zn электролизом и при цинковании, как флотореагент, компонент глазных капель, для пропитки древесины, отбеливания бумаги.

Лит.: Позин М. Е., Технология минеральных солей, 4 изд., ч. 1, Л., 1974, с. 714–28. В. П. Данилов.

ЦИНКА СУЛЬФИД, см. Цинка халькогениды.

ЦИНКА ХАЛЬКОГЕНИДЫ, соед. Zn с халькогенами (табл.). При атм. давлении существуют в виде двух модификаций – стабильной кубической со структурой типа сфалерита (пространств. группа *F43m*, *z* = 4) и метастабильной гексагональной типа вюрцита (пространств. группа *P6₃mc*, *z* = 2). Возможно получение кристаллов со структурами, включающими кубич. (трехслойные) и гексагон. (двухслойные) упаковки. Особенно много политипных модификаций (до 150) известно у ZnS. При высоких давлениях все Ц.х. переходят в др. кубич. модификации со структурой типа NaCl (по др. данным, типа CsCl). Все Ц.х. могут иметь отклонения от стехиометрии, испаряются конгруэнтно с диссоциацией в парах на компоненты.

СВОЙСТВА ХАЛЬКОГЕНИДОВ ЦИНКА

Показатель	ZnS		ZnSe		ZnTe	
	Бесцв.		Желтый		Красный	
Сингония	Кубич. ^а	Гексагон.	Кубич. ^б	Гексагон.	Кубич.	Гексагон.
Параметры решетки, нм:						
<i>a</i>	0,54109	0,38225	0,5656	0,3996	0,6085	0,4310
<i>c</i>	—	0,62613	—	0,6626	—	0,7090
Т. пл., °C	—	1820	—	1575	1305*	—
		(0,37 МПа)		(0,053 МПа)	(0,064 МПа)	
Т. возг., °C	1178	1185	—	—	—	—
Плотн., г/см ³	4,09	4,08	5,42	—	5,72	—
<i>C</i> _р ⁰ , Дж/(моль·К)	45,5	—	50	—	49,7	—
<i>ΔH</i> _{обр} ⁰ , кДж/моль	149,8	265,3	—	—	—	—
<i>ΔH</i> _{обр} ⁰ , кДж/моль	—205	—192	—164	—	—119,2	—
<i>S</i> ₂₉₈ ⁰ , Дж/(моль·К)	57,7	—	84	—	92	—
Теплопроводность, Вт/(см·К)	0,026	—	0,19	—	0,18	—
Коэф. преломления	2,37	—	2,66	—	2,97	—
Ширина запрещенной зоны, эВ	3,7	3,8	2,7	—	2,24	—
Эффективная масса электронов	0,27	—	0,17	—	—	—
дырок	0,58	—	0,6	—	0,6	—
Подвижность, см ² /(В·с): электронов	200	140	530	—	340	—
дырок	5	—	28	—	110	—

^а Т-ра полиморфного перехода 1175 °C, *ΔH* перехода 1,35 кДж/моль. ^б Т-ра полиморфного перехода 1145 °C, *ΔH* перехода 0,96 кДж/моль. * *ΔH*_{пл} 65 кДж/моль.

Модификации, существующие при атм. давлении, – широкозонные полупроводники. У них наблюдается пьезоэлектрич. эффект. Модификации высокого давления обладают металлич. проводимостью. Ц.х. обладают высокой чувствительностью к электромагн. волнам, вплоть до самых коротких. Этим обусловлены осн. области их применения – как люминофоров, сцинтилляторов, материалов ИК оптики и т.п.

Для сульфида ZnS ур-ние температурной зависимости давления пара: для сфалерита $\lg p$ (мм рт. ст.) = $10,571 - 13846/T$ (1095 – 1435K); для вюрцита $\lg p$ (мм рт. ст.) = $9,842 - 13026/T$ (1482 – 1733 K). Переход в кубич. фазу III ($a = 0,499$ нм при ~ 18 ГПа) наблюдается при давлении 16,4 ГПа, обратный переход – при 10–11 ГПа. ZnS в виде белого аморфного осадка (легко дающего коллоидные р-ры) образуется при действии H_2S или $(NH_4)_2S$ на нейтральные р-ры солей цинка. Свежеосажденный ZnS хорошо раств. в сильных минеральных к-тах, но не раств. в уксусной к-те, р-рах щелочей, NH_3 , сульфидов щелочных металлов. При стоянии осадок постепенно кристаллизуется, что ведет к уменьшению р-рности в к-тах. Р-римость ZnS (в форме сфалерита) в воде $\sim 6 \cdot 10^{-6}\%$ по массе. Во влажном воздухе и в виде водной суспензии медленно окисляется до $ZnSO_4$. В орг. р-рителях не раств. Т-ра воспл. на воздухе 755 °C.

Получают ZnS из Zn и S в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Используют также гидротермальный метод: $3ZnO + 4S + 2NH_3 + H_2O \rightarrow 3ZnS + (NH_4)_2SO_4$, осаждение из водных р-ров – из щелочных действием тиомочевины или из слабощелочных (рН 2–3) действием H_2S . Монокристаллы выращивают из расплава методом направленной кристаллизации под давлением Ag , из р-ра в расплаве, напр. $PbCl_2$, осаждением из газовой фазы – в результате возгонки, взаимод. паров компонентов или транспортными р-циями с I_2 или NH_4Cl в качестве носителя, гидротермальным методом – из р-ра H_3PO_4 или KOH . Пленки сульфида выращивают обычно напылением.

ZnS – люминофор для экранов электронно-лучевых и рентгеновских трубок, сцинтилляторов и т. п., полупроводниковый материал, компонент белого пигмента (см. Литопон). Прир. минералы сфалерит и вюрцит (вюрцит) – сырье для извлечения Zn .

Ди-сульфид ZnS_2 – кристаллы с кубич. структурой типа пирита ($a = 0,59542$ нм, $z = 4$, пространств. группа $Pa\bar{3}$); плотн. 5,56 г/см³, получают взаимод. с ZnS и S при давлении 6,5 ГПа и 400–600 °C.

Для селенида $ZnSe$ (кубич. модификация) ур-ние температурной зависимости давления пара: $\lg p$ (мм рт. ст.) = $9,436 - 12140/T$ (952 – 1209K). При давлении 13,5 ГПа переходит в кубич. металлич. модификацию ($a = 0,511$ нм). $ZnSe$ м. б. осажден из р-ра в виде лимонно-желтого, плохо фильтрующегося осадка. Влажный $ZnSe$ очень чувствителен к действию воздуха. Высушенный или полученный сухим путем устойчив на воздухе, окисление его с улетучиванием SeO_2 начинается при 300–350 °C. Разлагается разб. к-тами с выделением H_2Se . Получают $ZnSe$ взаимод. Zn с Se , ZnS с H_2SeO_3 с послед. прокаливанием при 600–800 °C, при нагр. ZnS с SeO_2 или смеси ZnO , ZnS с Se ($2ZnO + ZnS + 3Se \rightarrow 3ZnSe + SO_2$). Предложен также метод нагревания смеси ZnO с Se и шавелевой к-той. Монокристаллы селенида выращивают направленной кристаллизацией расплава под давлением, осаждением из газовой фазы – возгонкой, взаимод. паров компонентов или транспортными р-циями. Пленки получают из газовой фазы. $ZnSe$ – лазерный материал, компонент люминофоров. В природе – минерал штиллеит.

Диселенид $ZnSe_2$ со структурой типа пирита ($a = 0,62930$ нм) получен из простых в-в под давлением 6,5 ГПа при 1000–1300 °C.

Теллурид $ZnTe$ в зависимости от способа получения – серый порошок, краснеющий при растирании, или красные кристаллы. Гексагон. модификация при всех т-рах метастабильна, м. б. получена только из газовой фазы; ур-ние температурной зависимости давления пара для кубич. модификации: $\lg p$ (мм рт. ст.) = $9,718 - 11513/T$ (918 – 1095K). Под давлением 8,5–9 ГПа превращается в кубич. фазу III, к-рая при 12–13,5 ГПа переходит в гексагон. металлич. модификацию IV со структурой типа β -Sn. Устойчив на воздухе. Порошкообразный разрушается водой. В орг. р-рителях не раств., минеральными к-тами разлагается с выделением H_2Te .

Синтезируют $ZnTe$ либо сплавлением компонентов в инертной атмосфере, либо при нагр. смеси ZnO с Te и шавелевой к-той. Монокристаллы выращивают направленной кристал-

лизацией расплава или вытягиванием по Чохральскому. Используют также осаждение из газовой фазы – путем возгонки, взаимод. паров компонентов или транспортными р-циями. Пленки получают из газовой фазы. $ZnTe$ – материал для фоточувствителей, приемников ИК излучения, дозиметров и счетчиков радиоизлучения, люминофор, полупроводниковый материал, в т. ч. в лазерах.

Лит.: Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе, М., 1975; Морозов Н. К., Кузнецов В. А., Сульфид цинка. Получение и оптические свойства, М., 1987.

П. И. Федоров.

ЦИНКА ХЛОРИД $ZnCl_2$, бесцв., очень гигроскопичные кристаллы; известен в 3 модификациях: α – тетрагон. сингонии ($a = 0,540$ нм, $c = 1,035$ нм, $z = 4$, пространств. группа $I42d$), β – моноклинной сингонии ($a = 0,654$ нм, $b = 1,131$ нм, $c = 1,233$ нм, $\beta = 90^\circ$, $z = 12$, пространств. группа $P2_1/n$) и γ – тетрагон. сингонии ($a = 0,370$ нм, $c = 1,067$ нм, $z = 2$, пространств. группа $P4_1/nmc$); т. пл. 283 °C, т. кип. 732 °C; плотн. 2,91 г/см³; C_p^0 71,38 Дж/(моль · K); $\Delta H_{обр}^0$ –415,33 кДж/моль, $\Delta H_{пл}^0$ 23,03 кДж/моль; S_{298}^0 111,54 Дж/(моль · K). Хорошо раств. в воде (432 г в 100 г воды при 25 °C и 614 г при 100 °C), раств. в эфире, этаноле, глицерине, ацетоне. Благодаря гидролизу водный р-р Zn х. имеет кислую р-цию, при частичной нейтрализации образуются основные хлориды: $Zn(OH)Cl$, $Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot 2H_2O$ и др. Известны: 5 кристаллогидратов $ZnCl_2 \cdot nH_2O$, где $n = 4, 3, 2, 5, 1$; комплексные хлориды $M[ZnCl_3]$, $M_2[ZnCl_4]$, $M_4[ZnCl_6]$, где $M = NH_4, K, Na, Cs$; аммиакаты $[Zn(NH_3)_4]Cl_2 \cdot H_2O$, $[Zn(NH_3)_6]Cl_2$ и др.

В пром-сти Zn х. получают действием соляной к-ты на вторичное сырье или обогащенную руду. Получают Zn х. также при нагр. до 420 °C гранулированного металлич. Zn в токе Cl_2 , действием Cl_2 на нагретые до 700 °C ZnO , ZnS , р-цией Zn с HCl . Очищают Zn х. сублимацией при 600–700 °C в токе Cl_2 . Zn х. применяют как антисептик для древесины, при изготовлении пергамента, для очистки металлов перед пайкой, как компонент электролита для гальванич. покрытий в сухих элементах, как програву при крашении.

Лит.: Позин М. Е., Технология минеральных солей, 4 изд., ч. 1, Л., 1974, с. 714–28.

В. П. Данилов.

ЦИНКОВЫЕ УДОБРЕНИЯ, один из видов микроудобрений, содержащий в качестве микроэлемента Zn . Последний – постоянный компонент растений (15–22 мг на 1 кг сухого в-ва), входит в состав ряда ферментов, участвующих в окислит.-восстановит. процессах в растит. организмах, способствует биосинтезу витаминов, ускоряет рост и развитие, повышает продуктивность с.-х. культур. При недостатке Zn в растениях нарушается обмен в-в, уменьшается содержание сахарозы и крахмала, развивается хлороз листьев (приобретают желтую окраску), что замедляет образование хлорофилла и снижает активность фотосинтеза.

Наиб. распространенные Cy . у: цинковый купорос $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (не менее 36% Zn); простой ($0,5 \pm 0,1\%$ Zn , $19 \pm 1\%$ P_2O_5) и двойной ($0,8 \pm 0,15\%$ Zn , $43 \pm 1\%$ P_2O_5) суперфосфаты; цинковый аммофос из фосфоритов Каратау ($0,7 \pm 0,15\%$ Zn , не менее 10% N , не менее 43% P_2O_5) или апатитового концентрата ($0,8 \pm 0,15\%$ Zn , $12 \pm 1\%$ N , $52 \pm 1\%$ P_2O_5); кроме того, применяют т. наз. цинковое полимикроудобрение (ПМУ) – отход в произ-ве цинковых белил (ок. 25% Zn в водонерастворимой форме, 0,4% Mg , 0,4% CuO , 1% MgO , 13% FeO). Эти удобрения получают растворением в H_2SO_4 цинк-содержащих соед. или их введением в соответствующие макроудобрения с послед. гранулированием и сушкой полученных продуктов.

Cy у. применяют на карбонатных черноземах, дерново-карбонатных почвах, сероземах при возделывании зерновых, овощных, плодовых и ягодных культур, хлопка. Цинк-содержащие аммофос, суперфосфаты и ПМУ вносят в почву (3–5 кг/га в пересчете на Zn). Цинковый купорос используют для обработки семян перед посевом (60–80 л водного р-ра, содержащего 0,1% $ZnSO_4$, на 1 т семян), а также для некорневой подкормки растений (300–400 л такого же р-ра на 1 га посева).

Применение Cy у. обеспечивает увеличение урожая кукурузы, пшеницы, хлопчатника и др., а также способствует

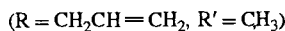
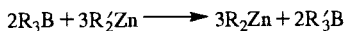
повышению содержания сахара, напр. в корнеплодах свеклы и ягодах винограда, белка в зеленой массе и в зерне.

Лит.: Панинков В. Д., Минеев В. Г., Почва, климат, удобрения и урожай, 2 изд., М., 1987; Федюшкин Б. Ф., Минеральные удобрения с микроэлементами, Л., 1989. Б. Ф. Федюшкин.

ЦИНКОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, содержат связь $Zn-C$. Осн. типы: R_2Zn , $RZnR'$, $RZnX$ (R и $R' = Alk$, Ar ; $X = H$, Hal , OR , NR_2' , PR_2' , SR' и др.). Из Ц. с. с π -связью металл-лиганд известен только CH_3ZnCH_3 ; в газовой фазе имеет структуру с η^5 -связанным C_5H_5 -лигандом, в твердой фазе – полимера с мостиковыми C_5H_5 -группами, связанными по η^2 -или η^3 -типу. Низшие Alk_2Zn – летучие бесцв. подвижные жидкости, высшие Alk_2Zn и Ar_2Zn – обычно низкоплавкие твердые в-ва, существуют в виде мономеров, имеющих в твердом виде и в р-ре линейную структуру, раств. в орг. р-рителях. Присутствие в алкильном радикале тройной связи приводит к димерным твердым в-вам, плохо раств. в неполярных апротонных р-рителях. Ц. с. типа $RZnX$ – димеры [напр., $(CH_3ZnNPh_2)_2$] или более высокие ассоциаты [напр., $(CH_3ZnOCH_3)_4$].

Диметилцинк термически стабилен, остальные Alk_2Zn разлагаются при нагр. с выделением металлич. Zn. Термич. устойчивость уменьшается с увеличением длины и разветвленности R . Низшие Alk_2Zn (по C_3 включительно) кинетически и термодинамически нестабильны к окислению и гидролизу, на воздухе самовозгораются, водой разлагаются со взрывом. Другие Ц. с. окисляются менее энергично. При осторожном окислении Alk_2Zn дают $AlkOON$; р-ция идет через стадию образования цинкорг. пероксидов. При взаимод. Alk_2Zn с триалкилгалогенметанами образуются углеводороды с четвертичным атомом C (р-ция Бутлерова-Львова): $R_3CCl + R'_2Zn \rightarrow R_3CR' + R'_2Zn$; р-ция с хлорангидридами алифатич. к-т приводит к третичным спиртам (см. Бутлерова реакция). С карбонильными соед. Ц. с. реагируют подобно реактивам Гриньяра, р-цию используют для получения вторичных и третичных спиртов (р-ция Зайцева). Ц. с. с электронодонорными молекулами образуют устойчивые комплексы, в к-рых атом Zn трех- или четырехкоординационен, напр. $(mpem-C_4H_9)(mpem-C_4H_9O)Zn$ -пиридин. При р-ции Ph_2Zn с $PhLi$ образуются солеобразные комплексы $Li[Ph_3Zn]$. Ц. с. типа $RZnR'$ с радикалами близкой природы симметризируются: $2RZnR' \rightarrow R_2Zn + R'_2Zn$; с радикалами разл. природы – устойчивы к симметризации.

Получают Ц. с. чаще всего взаимод. алкилцинкгалогенидов с реактивами Гриньяра: $C_2H_5ZnI + C_3H_7MgBr \rightarrow C_2H_5ZnC_3H_7 \rightarrow (C_2H_5)_2Zn + (C_3H_7)_2Zn$. Используют также прямой метод – р-цию алкилбромидов или иодидов с металлич. Zn, активированным др. металлами или диспергированием: $2RI + 2Zn \rightarrow 2RZnI \rightleftharpoons R_2Zn + ZnI_2$. Ц. с., свободные от галогенидов Zn, получают трансметаллированием: $R_2Hg + Zn \rightarrow R_2Zn + Hg$. Известны др. методы синтеза Ц. с., напр.:



Применяют Ц. с. в орг. синтезе (как правило, в виде р-ров). Комплексы Ц. с. с галогенидами переходных металлов – катализаторы полимеризации непредельных соед.

Лит.: Методы элементоорганической химии. Цинк, кадмий, под ред. А. Н. Несмеянова, К. А. Кочешкова, т. 3, М., 1964; Comprehensive organometallic chemistry, v. 2, Oxf. – [a.o.], 1982, p. 823–62. А. С. Перегудов.

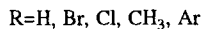
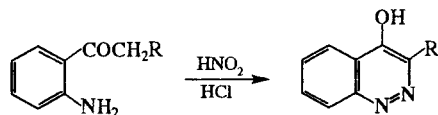
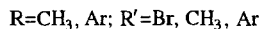
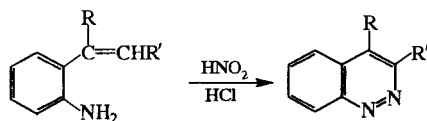
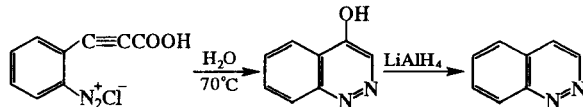
ЦИННОЛИН (бензо[с]пиридазин, 1,2-диазафталин), мол. м. 130,15; светл-желтые кристаллы, т. пл. 40–41 °C, т. кип. 114 °C/0,35 мм рт. ст.; μ 13,78·10⁻³⁰ Кл·м; хорошо раств. в большинстве орг. р-рителей, ограниченно – в воде. Ц. проявляет основные св-ва (pK_a 2,70; вода, 25 °C); с неорг. к-тами образует устойчивые одноосновные соли; дает также пикрат и хлорплатинат.

По хим. св-вам Ц. – типичный представитель π -дефицитных гетероароматич. соединений. Электроф. замещение в Ц. про-

текает в бензольное кольцо в жестких условиях, напр. при нитровании дымящей HNO_3 и конц. H_2SO_4 при –5 °C образуется смесь 5-(33%) и 8-нитроциннолинов (28%). В аналогичных условиях из 4-метилциннолина с выходом 55% образуется 4-метил-8-нитроциннолин.

При действии CH_3I Ц. превращается в 1-метилциннолиний-йодид. Окисление $KMnO_4$ в щелочной среде приводит к расщеплению бензольного кольца с образованием пиридазин-3,4-дикарбоновой к-ты, окисление H_2O_2 в CH_3COOH при 90 °C – к образованию смеси 1- и 2-оксидов, а также 1,2-диоксида в соотношении 25,9:49,2:0,3.

Синтезируют Ц. и его разл. производные по след. р-циям:

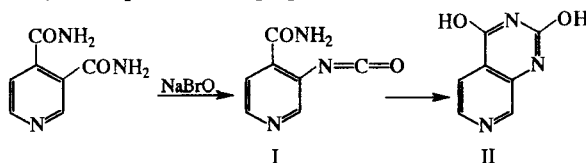


Ц. и его производные в природе не встречаются. Сам Ц. токсичен; среди его производных имеются в-ва, проявляющие антибактериальную активность [напр., 7-хлор-4-(4-диэтиламино-1-метилбутил)циннолин, иодметилаты 4,6-диаминоциннолина и 4,6-диамино-3-метилциннолина].

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 117; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 160. Р. А. Караханов, В. И. Келарев.

ЦИНХОМЕРОНОВАЯ КИСЛОТА (пиридин-3,4-дикарбоновая к-та), мол. м. 167,12; бесцв. кристаллы, т. пл. 266–268 °C. Раств. в воде, плохо – в разл. орг. р-рителях.

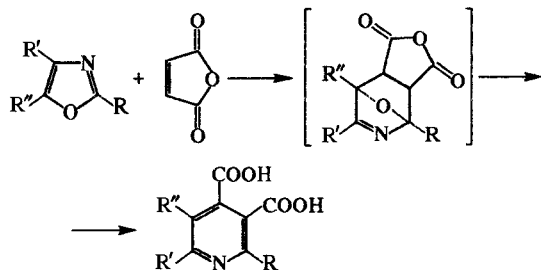
При нагр. выше т-ры плавления Ц. к. декарбоксилируется с образованием смеси никотиновой и изоникотиновой к-т, при взаимод. с $(CH_3CO)_2O$ превращается в ангидрид, т. пл. 67 °C. Спиртами этерифицируется с образованием моно- или диалкиловых эфиров, напр. взаимод. с CH_3OH приводит к диметилвому эфиру (т. кип. 168–171 °C/28 мм рт. ст.), к-рый при частичном гидролизе по положению 4 превращается в 3-метоксикарбонилникотиновую к-ту; взаимод. CH_3OH с ангидридом Ц. к. приводит к 4-метоксикарбонилникотиновой к-те. Моноэфиры Ц. к. при р-ции с NH_3 превращаются в соответствующие амиды, к-рые под действием $NaBrO$ по р-ции Гофмана дают аминопиридинкарбоновые к-ты. Диамид Ц. к. в аналогичных условиях образует изоцианат (ф-ла I), самопроизвольно превращающийся в циклич. соед. II:



Восстановление Ц. к. Na в этаноле приводит к пиперидин-3,4-дикарбоновой к-те.

Получают Ц. к. (наряду с фталевым ангидридом) окислением щелочным р-ром KMnO_4 изохинолина (или его 5- и 8-аминопроизводных) либо 3,4-диалкилпиридинов, а также частичным декарбоксилированием пиридин-2,3,4-трикарбоновой к-ты.

Важный путь синтеза замещенных Ц. – взаимод. оксазолов с малеиновым ангидридом по реакции Дильса-Альдера:



Лит.: Гетероциклические соединения, пер. с англ., т. 1, М., 1953, с. 447–48; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 272.

Л. Н. Яхонтов.

ЦИРКОНИЙ (лат. Zirconium) Zr, хим. элемент IV гр. периодич. системы; ат. н. 40, ат. м. 91,224. Прир. Ц. состоит из 5 стабильных нуклидов: ^{90}Zr (51,46%), ^{91}Zr (11,23%), ^{92}Zr (17,11%), ^{94}Zr (17,40%) и ^{96}Zr (2,80%). Поперечное сечение захвата тепловых нейтронов для прир. смеси $1,8 \cdot 10^{-29}$ м², для ^{91}Zr $1,0 \cdot 10^{-28}$ м². Конфигурация внеш. электронных оболочек атома $4d^2 5s^2$; степень окисления +4, значительно реже +3, +2 и +1; энергия ионизации при последоват. переходе от Zr^0 к Zr^{4+} равна соотв. 6,837, 13,13, 22,98 и 34,92 эВ; электроотрицательность по Полингу 1,4; ионный радиус Zr^{4+} (в скобках даны координац. числа) 0,073 нм (4), 0,080 нм (5), 0,086 нм (6), 0,092 нм (7), 0,098 нм (8) или 0,103 нм (9).

Содержание Ц. в земной коре ок. 0,02% по массе. В своб. состоянии не встречается. Важнейшие минералы – циркон ZrSiO_4 , баделлит ZrO_2 , эвдиалит $(\text{Na,Ca})_2\text{Zr}(\text{OH})(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH},\text{Cl})_2$. Всего описано более 30 минералов Ц., каждый из к-рых содержит Нф, а многие – и радиоактивные примеси. Главные месторождения циркона расположены в США, Австралии, Малайзии, ЮАР, России, на Украине, баделлита – в Бразилии, ЮАР, Шри-Ланке, России, эвдиалита – в Гренландии.

Свойства. Ц. – серебристо-серый блестящий (в порошкообразном состоянии – темно-серый) металл, высокопластичен, легко поддается мех. обработке (ковка, штамповка, прокатка и др.), легко сваривается в инертной атмосфере. Существует в двух кристаллич. модификациях: α – гексагон. решеткой типа Mg, $a = 0,3231$ нм, $c = 0,5146$ нм, $z = 2$, пространств. группа $P6_3/mmc$, плотн. 6,5107 г/см³; β – кубич. решеткой типа $\alpha = \text{Fe}$, $a = 0,361$ нм, $z = 2$, пространств. группа $Im\bar{3}m$; т-ра перехода $\alpha \rightleftharpoons \beta$ 863 °С, ΔH перехода 3,89 кДж/моль. Добавки Al, Sn, Pb, Cd повышают, а Fe, Cr, Ni, Mo, Cu, Ti, Mn, Co, V и Nb понижают т-ру перехода. Т. пл. 1855 °С, т. кип. ок. 4350 °С; C_p^0 25,3 Дж/(моль·К); $\Delta H_{пл}^0$ 14,6 кДж/моль, $\Delta H_{исп}^0$ 575 кДж/моль (1855 °С), S_{298}^0 39,0 Дж/(моль·К); температурный коэф. линейного расширения $(5,1\text{--}5,8) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (20–100 °С); теплопроводность 23,86 Вт/(м·К), у-ния температурной зависимости теплопроводности $\lambda = 5,18009 \cdot 10^{-1} - 2,367738 \cdot 10^{-3}T + 6,28905 \cdot 10^{-6}T^2 - 5,58159 \cdot 10^{-9}T^3$ Вт/(м·К) (80–500 К), $\lambda = 2,44486 \cdot 10^{-1} - 2,3982 \cdot 10^{-4}T + 2,2721 \cdot 10^{-7}T^2 - 6,24923 \cdot 10^{-11}T^3$ Вт/(м·К) (500–1900 К); ρ 43,74 мкОм·см (5 °С), температурный коэф. ρ $4,25 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$ (0–200 °С); работа выхода электрона 3,93 эВ. Модуль упругости 95–97 ГПа; $\sigma_{раст}$ 380–510 МПа; твердость по Бринеллю 90–130, по Виккерсу 600–1700 МПа; относит. удлинение 25% (20 °С), относит. сжатие 45% (20 °С). Наличие примесей сильно меняет мех. св-ва Ц. Так, примеси O, C, H придают ему хрупкость. Т-ра рекристаллизации Ц. 750 °С.

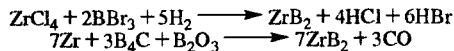
По хим. св-вам Ц. близок к Нф и в определенной степени к Ti. $\Delta G_{обр}^0 \text{Zr}^{4+}$ (р-р H_2O) –521,7 кДж/моль. При комнатной т-ре массивный Ц. обладает высокой коррозионной устойчивостью благодаря образованию на воздухе тонкой оксидной пленки. Ц. устойчив к действию HCl, HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 и щелочей. При нагр. медленно взаимодей. с царской водкой, H_3PO_4 , H_2SO_4 , фтористоводородной и щавелевой к-тами, с водными р-рами NH_4F , с расплав. NaHSO_4 , Na_2CO_3 , Na_2O_2 , NH_4HF_2 , но с расплав. NaOH взаимодей. только с пов-сти, образуя черную пленку. Введение иона F[–] в к-ты резко усиливает их коррозионное действие на Ц.

При нагр. выше 250 °С Ц. обратимо поглощает H_2 , образуя гидриды и твердые р-ры, состав к-рых зависит от т-ры, давления H_2 и структуры исходного Ц. (β -фаза образует р-р, в пределах отвечающий составу $\text{ZrH}_{0,25}$, α -фаза – составу $\text{ZrH}_{0,05}$). Известен кубич. гидрид состава $\text{ZrH}_{1,44-1,56}$ (σ -фаза, плотн. 3,75 г/см³) и тетрагон. гидрид $\text{ZrH}_{1,640-1,965}$ (ϵ -фаза, плотн. 5,62 г/см³). Для кристаллич. ZrH_2 : C_p^0 31,0 Дж/(моль·К); $\Delta H_{обр}^0$ –169,2 кДж/моль; S_{298}^0 35,0 Дж/(моль·К). Гидриды Ц. проявляют металлич. св-ва. Их применяют для получения высокодисперсного Ц., как компонент керметов и пиротехн. составов. С галогенами Ц. образует циркония галогениды.

При т-рах выше 400–500 °С компактный Ц. взаимодей. с O_2 воздуха, образуя сначала тонкую пленку, затем твердые р-ры (α -фаза насыщается до состава $\text{ZrO}_{0,25}$) или оксиды (Zr_2O_3 , Zr_3O_4 , ZrO_2). Порошкообразный Ц. пирофорен и может служить геттером. Гексагон. Zr_3O имеет т. пл. ок. 1975 °С. В газовой фазе существует ZrO . См. также Циркония диоксид. При действии щелочей на р-ры солей Zr(IV) образуется желатинообразный осадок $\text{ZrO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Выше 400 °С Ц. взаимодей. с N_2 , образуя твердые р-ры или нитриды. Золотисто-желтый ZrN имеет кубич. кристаллич. решетку [пространств. группа $Fm\bar{3}m$, т. пл. и т. возг. ок. 2990 °С, плотн. 7,3 г/см³, C_p^0 40,4 Дж/(моль·К), $\Delta H_{обр}^0$ –371 кДж/моль, S_{298}^0 38,9 Дж/(моль·К)]. Коричневый Zr_3N_4 (плотн. 5,9 г/см³, твердость по Виккерсу 1300–1500 МПа), при 1000 °С разлагается до ZrN . Нитриды не раств. в воде, разлагаются царской водкой и горячими конц. к-тами (кроме H_2SO_4). Их получают из простых в-в или взаимодей. ZrCl_4 с NH_3 при 700–900 °С; используют для получения керамики, композитов, антифрикционных, защитных и декоративных покрытий. Взаимод. простых в-в ок. 2000 °С получают циркония карбид.

При т-рах выше 1500 °С Ц. взаимодей. с B, образуя бориды: ZrB с кубич. кристаллич. решеткой ($a = 0,465$ нм, пространств. группа $Fm\bar{3}m$); ZrB_2 с гексагон. решеткой [т. пл. ок. 3050 °С, плотн. 6,1 г/см³, C_p^0 48,24 Дж/(моль·К), $\Delta H_{обр}^0$ –328 кДж/моль, S_{298}^0 35,9 Дж/(моль·К)]; ZrB_{12} – кубич. кристаллы ($a = 0,7408$ нм, пространств. группа $Fm\bar{3}m$, т. пл. ок. 2140 °С, плотн. 3,7 г/см³). Бориды проявляют металлич. св-ва, ZrB_2 при взаимодей. с к-тами выделяет небольшое кол-во H_2 , а при взаимодей. с H_2SO_4 – SO_2 . Для получения ZrB_2 используют р-ции:



Применяют ZrB_2 как компонент инструментальных сплавов, керметов (в частности, для регулирующих стержней ядерных реакторов), огнеупоров, абразивов.

При нагр. Ц. с S образуются сульфиды: ZrS_3 (оранжевые кристаллы моноклинной сингонии, плотн. 3,66 г/см³, $\Delta H_{обр}^0$ –611 кДж/моль); ZrS_2 (т. пл. 1550 °С, $\Delta H_{обр}^0$ –567 кДж/моль); $\text{ZrS}_{0,9-1,5}$ и $\text{ZrS}_{0,7}$. С Se и Te Ц. дает аналогичные селениды и теллуриды. Ц. образует фосфиды Zr_3P , ZrP и ZrP_2 , арсениды ZrAs и ZrAs_2 , силициды Zr_4Si , Zr_2Si (плотн. 5,99 г/см³, т. пл. 1630 °С), Zr_3Si_2 , Zr_4Si_4 (плотн. 5,90 г/см³, т. пл. 2210 °С), Zr_3Si_3 (т. пл. 2250 °С), ZrSi (плотн. 5,65 г/см³, т. пл. 2095 °С) и ZrSi_2 , германиды Zr_3Ge , Zr_5Ge_3 , ZrGe и ZrGe_2 , станиды Zr_4Sn , Zr_3Sn_3 , ZrSn_2 .

Ц. дает сплавы со мн. металлами. Небольшие добавки Ц. к др. металлам улучшают их св-ва (увеличивают прочность и

коррозионную стойкость), в то время как добавки др. металлов к Ц., как правило, ухудшают св-ва Ц. и используются лишь для спец. сплавов (см. *Циркония сплавы*).

Ц. образует многочисленные соли и комплексные соед., в к-рых проявляет координац. числа 4–9, чаще 6–8. В водных р-рах соед. Ц. гидролизуются, хотя их склонность к гидролизу менее выражена, чем у соед. Тi. Даже в кислых р-рах многие соед. Ц. полимеризованы, с понижением кислотности степень полимеризации обычно возрастает, однако равновесия во мн. системах устанавливаются крайне медленно. Низшие степени окисления Ц. значительно менее устойчивы, чем у Тi.

Цирконаты – соли гипотетич. циркониевых к-т и металлов со степенью окисления от +1 до +4. Как правило, это тугоплавкие, нерастворимые в воде и щелочах в-ва. Наиб. значение имеют метацирконаты состава M_2ZrO_3 или M^IVZrO_3 . Метацирконат натрия Na_2ZrO_3 (т. разл. 1500 °С) и кальция $CaZrO_3$ (структура перовскита, т. пл. 2550 °С, плотн. 4,95 г/см³) м. б. промежут. продуктами произ-ва Ц. Метацирконат бария $BaZrO_3$ (кубич. кристаллич. решетка, т. пл. 2480 °С, плотн. 6,73 г/см³), стронция $SrZrO_3$ (т. пл. выше 2700 °С, плотн. 5,00 г/см³) и свинца $PbZrO_3$ (т. пл. 1570 °С) применяют для получения керамики и огнеупоров. Твердые р-ры $PbZrO_3$ – $PbTiO_3$ и $BaZrO_3$ – $BaTiO_3$ – диэлектрики и пьезоэлектрики. Выделены дицирконаты $M_2^{III}Zr_2O_7$ (M^{III} – лантаноиды), трицирконаты $M_4^{III}Zr_3O_{12}$ (M^{III} – Sc, Yb, Lu), $TiZrO_4$ и др. Цирконаты получают спеканием ZrO_2 или $ZrSiO_4$ с карбонатами или оксидами соответствующих металлов, а также термич. разложением смесей нитратов или гидроксидов.

Тетрагидрат сульфата Ц. $Zr(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$ имеет ромбич. кристаллич. решетку; $\Delta H_{обр}^0$ –3647 кДж/моль; раств. в воде (146 г в 100 г воды), хуже – в H_2SO_4 . При нагр. до 100 °С переходит в моногидрат $Zr(SO_4)_2 \cdot H_2O$ (α -модификация моноклинной сингонии, $\Delta H_{обр}^0$ –2746 кДж/моль; β и γ – триклинной), до 380 °С – в $Zr_2(SO_4)_3$ (γ -модификация ромбич. сингонии, $\Delta H_{обр}^0$ –2425 кДж/моль). Известны гидроксисульфаты $Zr_2(OH)_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$, $Zr(OH)_2SO_4$ и др., сульфатоцирконаты щелочных металлов и аммония $M_2Zr(SO_4)_4 \cdot nH_2O$. Сульфаты Ц. применяют как дубители кож.

Из конц. р-ров HNO_3 при т-рах ниже 15 °С выделяют нитрат Ц. состава $Zr(NO_3)_4 \cdot 5H_2O$, а при невысоких концентрациях HNO_3 – состава $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$ ($\Delta H_{обр}^0$ –1812 кДж/моль). Из р-ров выделены также $ZrO(NO_3)_2 \cdot nH_2O$, где $n = 3, 3,5$ и 6, $Zr_2O_3(NO_3)_2$, $Zr_4O_7(NO_3)_2$ и гидроксонитраты, напр. $Zr(OH)_2(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$. Все они при нагр. разлагаются, хорошо раств. в воде, метаноле и этаноле. Безводный нитрат получают по р-ции $ZrCl_4 + 4N_2O_5 \rightarrow Zr(NO_3)_4 + 4NO_2Cl$, он разлагается при нагр. до 140 °С, но в виде аддукта с N_2O_5 перегоняется в вакууме.

Из р-ров солей Цr(IV) осаждаются фосфаты, очень плохо р-римые в воде, но р-римые в конц. H_2SO_4 и $H_2C_2O_4$. Пирофосфат Ц. выделяется в виде гидрата $ZrP_2O_7 \cdot 5H_2O$, к-рый обезвоживается при 700–1000 °С и превращается в $Zr_2P_2O_7$ при 1500–1600 °С. При разл. значениях pH осаждаются также гидратированные $Zr(HPO_4)_2$, $Zr_3P_4O_{16}$, $Zr_3P_6O_{25}$, $Zr_3P_8O_{30}$, к-рые при 1000–1400 °С также переходят в ZrP_2O_7 или его смеси с ZrO_2 . Фосфаты Ц. применяют как коагулянты, носители радиоактивного Р. Существуют фосфатоцирконаты щелочных металлов, образующиеся в водной среде или в расплавах.

Силикат Ц. $ZrSiO_4$ (прир. минерал циркон) кристаллизуется в тетрагон. решетке (пространств. группа $I4/amd$); плотн. 4,7 г/см³; разлагается при 1680 °С; C_p^0 98,3 Дж/(моль·К); $\Delta H_{обр}^0$ –2033 кДж/моль; S_{298}^0 841 Дж/(моль·К); не раств. в воде. Прир. циркон м. б. бесцветным, янтарным (гиацинт), голубым, зеленым и черным. Отдельные разновидности применяют как драгоценные камни, однако большую часть добываемого циркона используют как огнеупорный материал, компонент керамики, стекол, глазурей, эмалей, а также как сырье для произ-ва металлич. Ц. и его соединений.

Ц. не образует карбонатов, выделены только оксо- и гидроксокарбонаты. Известны также *цирконийорганические соединения*.

Получение. Цирконовые руды обогащают гравитационными методами, магн. и электр. сепарацией до содержания ZrO_2 не менее 60 или 65% по массе; концентраты часто подвергают предварит. хим. обогащению для удаления Fe. Осн. способы получения Ц. из концентратов – фторидный, хлоридный и щелочной (известковый, содовый). Фторидный способ включает спекание цирконовых концентратов с K_2SiF_6 при 600–700 °С ($ZrSiO_4 + K_2SiF_6 \rightarrow K_2ZrF_6 + 2SiO_2$), выщелачивание K_2ZrF_6 вместе с K_2HfF_6 горячей подкисленной водой, разделение K_2ZrF_6 и K_2HfF_6 на неск. стадиях перекристаллизации и послед. электролитич. восстановления в расплаве K_2ZrF_6 – NaCl – KCl.

При хлоридном методе хлорируют либо концентраты в присут. кокса при 900–1000 °С, либо карбиды (карбонитриды), полученные из концентратов, при 400–900 °С, затем проводят десублимацию $ZrCl_4$ и его восстановление Mg с получением губчатого Ц. При необходимости произ-ва чистого (без Hf) Ц. первичный $ZrCl_4$ гидролизуют водой, очищают в р-рах методом кислотной экстракции, полученный ZrO_2 вновь хлорируют, затем получают губку.

Щелочной метод включает спекание с NaOH (600–650 °С), Na_2CO_3 (900–1100 °С) или со смесью $CaCO_3$ и $CaCl_2$ (1000–1300 °С), послед. кислотное выщелачивание Na_2ZrO_3 или $CaZrO_3$, гидролиз очищенных р-ров $ZrOCl_2$ или $H_2ZrO(SO_4)_2$ и прокаливание осадков до ZrO_2 , к-рый затем превращают в хлорид или K_2ZrF_6 .

Описанные способы имеют много разновидностей. Так, для произ-ва чистого (без Hf) Ц. выщелачивание известкового спека ведут HNO_3 , после чего проводят экстракционную очистку с помощью трибутилфосфата. В нек-рых произ-вах используют экстракцию метилизобутилкетонем из роданидных р-ров или аминами из сульфатных р-ров. Из очищенных нитратных р-ров Ц. осаждают в виде $ZrF_4 \cdot H_2O$, к-рый прокаливают в токе HF и подвергают кальциетермич. восстановлению с получением слитков пластичного Ц.

Экономичный способ произ-ва ZrO_2 – термич. разложение $ZrSiO_4$ в плазме с послед. выщелачиванием SiO_2 р-рами NaOH.

Наиб. чистый Zr (т. наз. иодидный Ц.) получают термич. разложением ZrI_4 (см. *Химическое осаждение из газовой фазы*).

Компактный Ц. получают прессованием и послед. переплавлением губки, катодной группой или прутка иодидного Ц. в вакуумных электролитных или электроннолучевых печах. Рафинирование Ц. ведут иодидным методом (см. *Химические транспортные реакции*), реже – электролитическим.

Определение. Анализ. химия Ц. ограничена соед. Zr(IV). Качественно Ц. обнаруживают по красно-коричневому осадку при добавлении р-ра *n*-диметиламиноазофениларсоновой к-ты в 1–2 н. HCl в присут. H_2O_2 . Руфигаллол (гексагидроксиксантрахинон) в р-ре HCl дает в присут. Ц. пурпурно-фиолетовую окраску (в присут. Hf – слабо-розовую). Количеств. методы: гравиметрический (прокаливание до ZrO_2 после осаждения миндальной к-той или до ZrP_2O_7 после осаждения ионами PO_4^{3-}); волюмометрический (комплекснометрич. титрование трилоном Б в соляной к-те, определяются 50–90%-ные концентрации Ц. в пробе); спектрофотометрический (с добавками ализарина красного S при длине волны 550 мкм, пирокатахинового фиолетового при 650 мкм или др.); рентгенофлуоресцентный (0,1–50% Ц.), спектральный (0,3–2,5% Ц.); атомно-абсорбционный (0,1–3% Ц.); по эмиссионном спектре (следовые кол-ва); радиометрический и др.

Применение. Металлич. Ц. и его сплавы – конструкционные материалы ядерных реакторов (оболочки твэлов, сборки, трубы, трубные решетки и т.п.), хим. аппаратов. Высокая коррозионная стойкость и совместимость с биол. тканями позволяют использовать Ц. для изготовления искусств. суставов и протезов. Сплав Ц. с Nb применяют для изготовления колпачков натриевых ламп высокого давления, обмоток сверхпроводниковых магнитов.

Мировое произ-во Ц. составляет 800–900 тыс. т в год (1988), большая часть приходится на ZrO_2 , $ZrSiO_4$ и др. соед. и лишь неск. процентов – на металл и сплавы. Осн. производители концентратов Ц. – Австралия, ЮАР, Россия, Украина, США.

ПДК в воздухе рабочей зоны для Zr , ZrO_2 , $ZrSiO_4$, ZrC 6 мг/м³, для ZrN 4 мг/м³ (класс опасности 3), для фтороцирконатов(IV) 1 мг/м³ (класс опасности 2). ЛД₅₀ (мг/кг, перорально) для K_2ZrF_6 2500 (крысы), 97,5 (мыши); $ZrOCl_2$ 990 (крысы); Na_2ZrO_3 2290 (крысы); $ZrCl_4$ 1688 (крысы), 400 (мыши). Осн. источники поступления Ц. в окружающую среду – пылевые и дымовые выбросы топливно-энергетич. предприятий, работающих на угле и нефти, угольная пыль.

В 1789 М. Клапрот выделил ZrO_2 , в 1824 Й. Берцелиус получил загрязненный порошкообразный металл, в 1925 А. ван Аркель – чистый компактный металл.

Лит.: Зотова З. А., Современное состояние технологии переработки цирконовых концентратов за рубежом, М., 1976; Займовский А. С., Никulina А. В., Решетинко В. Г., Циркониевые сплавы в атомной энергетике, М., 1981; Колотыркин Я. М. [и др.], «Хим. пром-сть», 1986, № 3, с. 161–63; Вятязь П. А. [и др.], «Порошковая металлургия», 1989, № 12, с. 45–50; Clark R. J. H., Bradley D. C., Thornton P., The chemistry of titanium, zirconium and hafnium, Oxf. – [a. o.], 1975; Ferrando W. A., «Adv. materials and manufacturing processes», 1988, v. 3, № 2, p. 195–231.

Э. Г. Раков.

ЦИРКОНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, содержат связь $Zr—C$. Цирконий в Ц. с. может находиться в степенях окисления 0, +2, +3, +4. Большинство комплексов относится к гетеролигандному типу. Наиб. изучены комплексы с 1–3 циклопентадиенильными лигандами. Известны немногочисленные Ц. с. с η^3 -аллильными, η^4 -бутадиеновыми, η^6 -ареновыми и η^8 -циклооктатетраеновыми лигандами, кластерные соед. типа $[Zr_3(\eta^6-C_6(CH_3)_6)_3Cl_6]^{n+}$ ($n=0-3$), а также комплексы типа ZrR_4 , где $R=CH_3$, CH_2Ph , $CH_2C(CH_3)_3$ и $CH_2Si(CH_3)_3$.

Получены многочисленные циркониевые комплексы с заместителями в $\eta^5-C_5H_5$ -лигандах, а также Ц. с. с η^5 -инденильными и η^5 -флуоренильными лигандами.

Во всех Ц. с. связи $Zr—C$ поляризованы, вследствие чего соед. легко разрушаются под действием к-т и др. соед. с подвижным атомом Н. Большинство Ц. с. на воздухе неустойчиво и превращается в окисные производные Zr .

Из Ц. с. наиб. многочисленны соед. типа $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2X_n]$ ($X=Hal$, чаще всего Cl ; $n=1$ или 2). В $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2Cl_2]$ атомы Cl легко заменяются под действием нуклеоф. реагентов. Это – осн. метод получения Ц. с. с σ -связанными лигандами типа $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2R_2]$, $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2(R)X]$ и гидридов цирконоцена $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2H_2]$, $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2(H)X]$. Последние легко реагируют с орг. соед., содержащими кратные связи

углерод–углерод и углерод–элемент (р-ции гидроцирконирования).

При действии доноров электронов $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2X_2]$ превращаются в $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2X]$, к-рые легко образуют аддукты с нейтральными молекулами, в частности с N_2 .

Синтезируют цирконийдигалогениды $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2X_2]$ взаимодей. циклопентадиенида Na и $ZrCl_4$; моно- и трисциклопентадиенильные Ц. с. получают таким же способом или из цирконоцендигалогенида.

Попытки получить собственно цирконоцен $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2]$ в зависимости от условий приводят либо к образованию аддуктов $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2L_n]$, где $L=CO$, PR_3 , η^4 -диен, либо к образованию сложно построенных олигомеров с мостиковыми C_5H_5 - и H -лигандами.

Лит.: Comprehensive organometallic chemistry, v. 3, Oxf. – [a. o.], 1982.

Д. А. Леменовский.

ЦИРКОНИЯ ГАЛОГЕНИДЫ. Дигалогениды ZrX_2 – черные кристаллы (табл.). Тригалогениды ZrX_3 – голубовато-серые, темно-синие или черные кристаллы, к-рые могут существовать в сравнительно широких областях гомогенности, диспропорционируют или разлагаются при нагрев., легко окисляются на воздухе, не раств. в воде; получают их восстановлением соответствующих тетрагалогенидов. Тетрагалогениды ZrX_4 – бесцв. кристаллы, гидролизуются водой (ZrF_4 – медленно). Галогеноцирконаты(IV) – бесцв. кристаллы.

Тетрафторид ZrF_4 : $\Delta H_{пл}$ 64,4 кДж/моль, $\Delta H_{возг}$ 215,9 кДж/моль (1179 К); ур-ние температурной зависимости давления пара $\lg p$ (Па) = 15,6818 – 12430/T (681–913 К); умеренно раств. в воде (15 г/л), лучше – в разб. к-тах; образует моно- и тригидрат, фтороциркониевые к-ты (фтороцирконаты гидроксония, напр. $HZrF_5 \cdot nH_2O$, $H_2ZrF_6 \cdot nH_2O$, $(H_3O)_2ZrF_6$, многочисленные фтороцирконаты, напр. NH_4ZrF_5 , K_2ZrF_6 , $(NH_4)_3ZrF_7$, Ba_2ZrF_8 , $K_2NiZr_2F_{12}$, $Na_5Zr_3F_{17}$). Получают из водных р-ров солей $Zr(IV)$ действием фтористоводородной к-ты с послед. сушкой осадка в атмосфере HF , взаимодей. ZrO_2 с F_2 или HF при 400–500 °С, термич. разложением $(NH_4)_2ZrF_6$ или $(NH_4)_3ZrF_7$ при 350–450 °С. Применяют ZrF_4 как промезут. в-во при металлотермич. произ-ве Zr , компонент фтороцирконатных стекол для волоконных световодов ИК диапазона, лазеров и хим. сенсоров.

Гексафтороцирконат(IV) калия K_2ZrF_6 умеренно раств. в воде; получают осаждением из р-ров ZrF_4 или $(NH_4)_2ZrF_6$ действием солей K , в пром-сти – взаимодей. рудных цирконовых концентратов с K_2SiF_6 при 600–700 °С; промезут. в-во для электролитич. произ-ва Zr . Гептафтороцирконат(IV) аммония $(NH_4)_3ZrF_7$ разлагается при 300–400 °С с последоват. образованием $(NH_4)_2ZrF_6$, NH_4ZrF_5

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЛОГЕНИДОВ ЦИРКОНИЯ

В-во	Сингония	Параметры кристаллической решетки				Т. пл., °С	Т. кип., °С	Плотн., г/см ³	S_p^0 , Дж/(моль·К)	$\Delta H_{обг}^0$, кДж/моль	S_{298}^0 , Дж/(моль·К)
		a, нм	b, нм	c, нм	угол, град						
ZrF_2	Ромбич.	0,409	0,491	0,656	—	902	Разл.	—	65,9	—	84
ZrF_3	Кубич.	—	—	—	—	Разл.	—	4,26	83,7	—	105
ZrF_4	Моноклинная	0,957	0,993	0,773	94,47	690*	—	4,55	103,6	–1911	104
	Тетрагон.	0,7896	—	0,7724	—	910	906**	4,61	—	—	—
$ZrF_4 \cdot H_2O$	Тетрагон.	0,7724	—	1,1678	—	Разл.	—	3,53	—	–2207	—
$(H_3O)_2ZrF_6$	Моноклинная	0,6715	0,7187	1,2626	11,83	Разл.	—	—	—	—	—
K_2ZrF_6	Ромбич.	0,661	0,141	0,697	—	240*	—	3,58	—	—	—
K_2ZrF_7	Кубич.	0,899	—	—	—	920	—	3,12	—	—	—
$(NH_4)_2ZrF_6$	Ромбич.	—	—	—	—	138*	Разл.	—	234	–2897	260
$(NH_4)_3ZrF_7$	Кубич.	0,942	—	—	—	Разл.	—	2,21	300	–3365	337
$ZrCl_2$	—	—	—	—	—	722	Разл.	—	74	–404	110
$ZrCl_3$	Гексагон.	—	—	—	—	—	770**	—	98	–701	138
$ZrCl_4$	Моноклинная	0,6361	0,7407	0,6256	109,3	437	333,6**	2,80	120	–979,8	—
$ZrOCl_2$	Ромбич.	0,9687	1,0589	0,9143	—	—	—	—	—	–1083	—
$ZrBr_3$	Гексагон.	—	—	—	—	Разл.	—	—	99,6	–636	184
$ZrBr_4$	Кубич.	1,095	—	—	—	450	355**	3,98	125	–760,6	225
ZrI_3	Гексагон.	—	—	—	—	Разл.	—	—	104	–395	209
ZrI_4	Кубич.	1,179	—	—	—	500	418**	4,85	123	–482	257

*Т-ра полиморфного перехода. **Т-ра возгонки.

■ ZrF_4 ; хорошо раств. в воде; получают взаимод. ZrO_2 с NH_4HF_2 при 150–200 °C; применяют для произ-ва особо чистого ZrF_4 и получения др. фтороцирконатов. Оксифториды $ZrOF_2$, Zr_3OF_{10} , $Zr_3O_2F_8$, Zr_4OF_{14} , Zr_2OF_6 , $Zr_7O_9F_{10}$ др. — бесцв. кристаллы; получают взаимод. ZrF_4 с ZrO_2 , как промежут. продукты пирогидролиза ZrF_4 или фторирования ZrO_2 .

Трихлорид $ZrCl_3$ при нагр. диспропорционирует с выделением $ZrCl_4$ и последоват. образованием $ZrCl_{2,8}$ (200 °C), $ZrCl_{1,6}$ (300 °C), $ZrCl$ (450 °C) и Zr (600 °C, вакуум). Тетрахлорид $ZrCl_4$: $\Delta H_{пл}$ 49 кДж/моль, $\Delta H_{воз}$ 103 кДж/моль; $t_{пл}$ 503,5 °C, $p_{крит}$ 5,7 МПа; ур-ние температурной зависимости давления пара $lg p$ (Па) = 13,8 – 5700/T для твердого и $lg p$ (Па) = 11,4 – 3500/T для жидкого $ZrCl_4$; раств. в этаноле, диэтиловом эфире, образует аддукты с к-тами Льюиса (напр., $ZrCl_4 \cdot PCl_5$, $ZrCl_4 \cdot 2CH_3CN$ и др.), хлороцирконаты с хлоридами металлов (K_2ZrCl_6 , $BaZrCl_6$ и др.). Получают $ZrCl_4$ взаимод. Zr с Cl_2 или HCl выше 300 °C, ZrO_2 с CCl_4 или $COCl_2$ выше 300 °C, смеси ZrO_2 и C с Cl_2 выше 600 °C, карбида Zr с Cl_2 выше 400 °C; используют как промежут. продукт в произ-ве Zr , исходное в-во для магнетермич. восстановления, катализатор орг. р-ций (напр., Фриделя–Крафтса). Гексахлороцирконат калия K_2ZrCl_6 , т. пл. 799 °C, т-ра полиморфного перехода 622 °C, $\Delta H_{обр}$ –1932 кДж/моль. Оксиды, напр. $ZrOCl_2$, $Zr_2O_3Cl_2$ — бесцв. кристаллы при нагр. выше 70 °C в водном р-ре гидролизуются; промежут. продукты хлорирования ZrO_2 или гидролиза $ZrCl_4$ образуются также при растворении соед. Zr в соляной к-те. Оксигидрат $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ хорошо раств. в воде (67% при 25 °C) и гораздо хуже в соляной к-те, его применяют для получения небольших партий особо чистых соед. Zr перекристаллизацией.

Тетраиодид ZrI_4 : $\Delta H_{воз}$ 119 кДж/моль; ур-ние температурной зависимости давления пара $lg p$ (Па) = 22,99 – 7,680/T – 2,164 $lg T$ – 1,344 $\cdot 10^{-3} T$ (298–704 K), в парах выше 1200 °C разлагается до Zr ; раств. в этаноле, бензоле; получают взаимод. Zr (реже ZrO_2) с I_2 при 300–500 °C; промежут. продукт при иодидном рафинировании Zr .

ЦИРКОНИЯ ДИОКСИД ZrO_2 , бесцв. кристаллы; до 1172 °C существует моноклинная модификация ($a = 0,5169$ нм, $b = 0,5232$ нм, $c = 0,5341$ нм, $\beta = 80,75^\circ$, пространств. группа $P2_13$, плотн. 5,85 г/см³), в интервале 1172–2347 °C – тетрагон. ($a = 0,5085$ нм, $c = 0,5166$ нм, плотн. 6,16 г/см³), выше 2347 °C – кубич. ($a = 0,51$ нм, пространств. группа $Fm\bar{3}m$), ΔH полиморфных переходов соотв. 8,4 и 13 кДж/моль; кубич. фаза м.б. стабилизирована при низких т-рах созданием вакансий в анионной подрешетке путем растворения ZrN , MgO , CaO , Y_2O_3 и др.; т. пл. 2710 °C, т. кип. ок. 4500 °C; C_p 55,92 Дж/(моль·K); $\Delta H_{пл}$ 90 кДж/моль, $\Delta H_{воз}$ 780 кДж/моль (0 K), $\Delta H_{обр}$ –1100,3 кДж/моль; S_{298}^0 50,39 Дж/(моль·K); температурный коэф. линейного расширения моноклинной фазы $7 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, тетрагон. фазы $1,28 \cdot 10^{-5} K^{-1}$; кубич. фаза имеет высокую электр. проводимость (по ионам O^{2-}).

Ц. д. не раств. в воде, раств. в горячих конц. р-рах H_2SO_4 , HF . Выше 300 °C взаимод. с CCl_4 , $COCl_2$, выше 400 °C – с NF_3 и F_2 , выше 600 °C в присут. C – с Cl_2 , выше 1400 °C – с C . При нагр. реагирует с оксидами, гидроксидами и карбонатами одно- и двухвалентных металлов, образуя тв. р-ры или цирконаты (см. Цирконий). С ZrF_4 дает многочисленные оксифториды.

Получают Ц. д. гидролизом $ZrCl_4$, взаимод. $ZrSiO_4$ или продуктов его термич. разложения в плазме с р-ром $NaOH$.

Ц. д. (моноклинный) встречается в природе в виде минерала бадделита. Ок. 10 тыс. т прир. Ц. д. в год добывается в ЮАР.

Ц. д. – компонент керамики (кубич. фаза, стабилизированная добавками Y_2O_3 или др. оксидов), композитов, стекол, эмалей, абразивных порошков, высокотемпературных электродов (энергетич. установки, датчики концентраций O_2 в жидких металлах). Его используют как подложки и диэлектрич. слои в электронных приборах, как противоотражат. покрытия оптич. приборов, защитные покрытия, износостой-

кие покрытия деталей приборов, огнеупорный материал для авиац. и ракетных двигателей, компонент многослойных покрытий лазерных зеркал и разделителей лучей, исходное сырье и промежут. продукт при получении Zr или его соединений. В виде монокристаллов – лазерный материал, имитатор бриллиантов (фианит).

Э. Г. Раков.

ЦИРКОНИЯ КАРБИД ZrC , серые кристаллы с кубич. кристаллич. решеткой типа $NaCl$ ($a = 0,468$ – $0,470$ нм, пространств. группа $Fm\bar{3}m$); обладает широкой областью гомогенности ($Zr_{0,56}$ – $Zr_{1,00}$); т. пл. ~ 3530 °C; плотн. 6,59 г/см³; $\Delta H_{обр}$ –196,86 кДж/моль; температурный коэф. линейного расширения $7 \cdot 10^{-6} K^{-1}$; ρ $5 \cdot 10^{-5}$ Ом·м; теплопроводность 0,116 Вт/(см·K); модуль упругости 475 ГПа, микротвердость ~ 24 ГПа, $\sigma_{изг}$ ~ 540 МПа. Устойчив к действию соляной, серной, фосфорной к-т и щелочей, раств. в царской водке и смеси HNO_3 и HF . Интенсивно окисляется на воздухе выше 930 °C. С N_2 при высоких т-рах образует твердые р-ры – карбонитриды Zr .

Получают Ц. к. взаимод. Zr или его оксидов с углеродом, покрытия – хим. осаждением из газовой фазы (восстановлением галогенидов Zr смесью H_2 и углеводородов). Компактные изделия из ZrC м.б. получены методами порошковой металлургии. Ц. к. – компонент эвтектич., жаропрочных сплавов, керамики, покрытий на металлах.

Ю. В. Левинский.

ЦИРКОНИЯ СПЛАВЫ. Осн. легирующие элементы – Sn , Cr , Nb , Cu и Mo , содержание к-рых не более 1,5–2,5%; в отдельных Ц. с. в небольших кол-вах присутствуют Fe и Ni , к-рые как примеси при выплавке циркония попадают из цирконовой губки. Ц. с. характеризуются высокой кратковременной прочностью (300–450 МПа, 300 °C), высоким сопротивлением ползучести (при 350 °C и $\sigma_{раст}$ 200 МПа скорость ползучести $\leq 0,4 \cdot 10^{-4}$ %/ч), коррозионной стойкостью при 300–350 °C на воздухе, в O_2 , CO_2 , H_2O и водяном паре, орг. и жидкометаллич. (Na, K, Pb и др.) теплоносителях; по нек-рым теплофиз. св-вам (тепло- и теплопроводность, термич. коэф. линейного расширения и др.) превосходят аустенитные нержавеющие стали. Обладают высокой радиац. стойкостью, низким поперечным сечением захвата тепловых нейтронов ($\sim 0,18 \cdot 10^{-28} m^2$); совместимы (не взаимодействуют) с ядерным горючим (U , его сплавы с Mo , Nb и Zr , а также UO_2 , UC , U_3Si и др.).

Основа Ц. с. – твердый р-р легирующих элементов в α -модификации Zr с гексагон. кристаллич. решеткой, устойчивой до 863 °C. Примеси, образующие твердые р-ры внедрения (N , O , C и H), отрицательно влияют на технол. св-ва (обрабатываемость давлением), коррозионную стойкость и эксплуатац. св-ва Ц. с.; содержание их ограничивают жесткими пределами (напр., содержание $N \leq 0,006$ – $0,008\%$). В отдельных Ц. с. допускают присутствие 0,1–0,15% O , к-рый можно считать легирующим элементом, упрочняющим α - Zr .

Среди Ц. с. наиб. известны циркаллоны (1,2–1,7% Sn , 0,05–0,15% Cr , 0,07–0,24% Fe , 0,007–0,08% Ni), оженит (0,25% Sn , по 0,1% Cr , Fe и Ni), а также сплавы Zr – 1% Nb и Zr – 2,5% Nb . Слитки Ц. с. выплавляют в вакуумных электродуговых и электроннолучевых печах; полуфабрикаты и изделия (трубы, прутки, листы, проволока) получают из слитков методами горячей и холодной деформации с промежут. отжигами.

Ц. с. типа циркаллоны используют в холоднодеформированном, частично или полностью рекристаллизованном состоянии. Отдельные Ц. с. [Zr – Nb (2,5%), Zr – Cr (1,2%) – Fe (0,1%) и др.] для повышения прочности и сопротивления ползучести подвергают закалке и отпуску.

В процессе работы Ц. с. взаимод. с H_2O и водяным паром, что приводит к их наводороживанию с образованием ZrH_2 ; при этом повышается прочность сплавов и снижается пластичность (на 70–80%). Наиб. изменение мех. св-в наблюдается при увеличении концентрации H_2 до $\sim 0,08\%$.

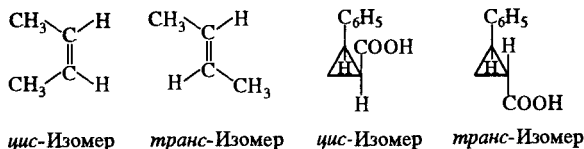
Мех. св-ва Ц. с. изменяются также под действием нейтронного облучения; при этом происходят снижение пластичности на 35–40% и рост предела текучести при растяжении (остаточная деформация 0,2%) на 50–100%. Макс. значение пре-

дела текучести, близкое к значениям кратковременной прочности, наблюдается при облучении потоком нейтронов плотностью 10^{21} см $^{-2}$. Нейтронное облучение увеличивает скорость ползучести и резко снижает ударную вязкость Ц. с., повышая их т-ру перехода из пластичного в хрупкое состояние, особенно при небольших концентрациях H_2 . Так, при содержании в сплаве 0,002% Н облучение повышает т-ру перехода на 100–200 °С, а при 0,02% Н – на 50–200 °С; при этом критич. т-ра хрупкости может оказаться на уровне рабочих т-р Ц. с. в ядерных реакторах (300–350 °С).

Ц. с. – конструкц. материалы активной зоны ядерных реакторов; из них изготавливают оболочки твэлов (срок службы от 1,5 до 6 лет), детали тепловыделяющих сборок и технол. каналы (срок службы до ~ 30 лет) энергетич. ядерных реакторов на тепловых нейтронах с пароводяным теплоносителем. Ц. с. можно использовать в активной зоне ядерных реакторов на тепловых и быстрых нейтронах с жидкотеплопроводящим, или углекислотным теплоносителем, работающих при т-рах 500–550 °С, а также как матрицу для диспергирования соед. U в сердечниках дисперсионных твэлов.

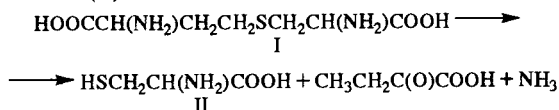
Лит.: Займовский А. С., Калашников В. В., Головин И. С., Тепловыделяющие элементы атомных реакторов, М., 1966; Ривкин Е. Ю., Родченков Б. С., Филатов В. М., Прочность сплавов циркония, М., 1974; Займовский А. С., Никулина А. В., Решетников Н. Г., Циркониевые сплавы в атомной энергетике, М., 1981. А. М. Захаров.

ЦИС..., **ТРАНС...** (лат. *cis* – по эту сторону; лат. *trans* – сквозь, через, за), приставки для обозначения расположения заместителей по одну сторону (*цис*) или разные стороны (*транс*) относительно линии, проходящей через два атома, связанных двойной связью, или плоскости, проходящей через атомы цикла.



См. также **Номенклатура стереохимическая**.

ЦИСТАТИОН-Г-ЛИАЗА (γ-цистатионаза), фермент класса лиаз, катализирующий у млекопитающих расщепление цистатионина (ф-ла I; образуется в организме из гомоцистеина и серина; см. также **S-Аденозилметионин**) с образованием L-цистеина (II) и 2-оксоасляной к-ты:



Ц. катализирует конечную стадию синтеза L-цистеина из L-метионина (кофактор фермента – пиридоксаль-5'-фосфат; см. **Витамин B₆**), обладает широкой субстратной специфичностью (катализирует нек-рые др. р-ции γ-элиминирования и замещения).

Наиб. изучена Ц. из печени крысы. Этот фермент представляет собой тетрамер, состоящий из идентичных субъединиц с мол. м. 43 тыс. Ц. выделена в гомогенном состоянии, определена аминокислотная последовательность ее субъединиц. Реакционная способность субъединиц в молекуле Ц. по отношению к субстрату и ингибиторам (О-замещенные гидроксиламины) различна.

Цистатион-γ-лиазная активность не проявляется у новорожденных. Макс. активность в печени наблюдается лишь по прошествии неск. недель после рождения. Отсутствие фермента в организме приводит к тяжелому заболеванию – цистатинирии (заболевание, видимо, связано с возникновением точечных мутаций в молекуле ДНК, кодирующей Ц., что вызывает ухудшение средства кофактора и апофермента).

Лит.: Габиев А. Г. [и др.], «Биохимия», 1989, т. 54, в. 5, с. 726–29; Braunstein A. E., Goryachenkova E. V., «Advan. Enzymol.», 1984, в. 56, р. 1–89; Erickson P. [a. o.], «Biochem. J.», 1990, в. 269, р. 335–40.

А. Г. Габиев.

ЦИСТЕЙН (2-амино-3-меркаптопропионовая к-та, β-меркаптоаланин, Cys, C) $\text{HSCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$, мол. м. 121,16. L-Ц. – бесцв. кристаллы, т. пл. гидрохлорида 178 °С (с разл.); $[\alpha]_D^{25} -16,5^\circ$ (концентрация 1 г в 100 мл воды); легко раств. в воде; при 25 °С pK_a 1,71 (COOH), 8,33 (NH $_2$), 10,78 (SH); pI 5,07.

В щелочной среде Ц. неустойчив и разлагается на H_2S , NH_3 и пировиноградную к-ту. Ц. легко окисляется на воздухе, образуя **цистин**, дает комплексы с ионами металлов. При окислении Ц. может также образовываться цистеиновая к-та $\text{HO}_2\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$, декарбоксилирование Ц. приводит к цистамину $\text{HSCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$. Ц. легко ацилируется и алкилируется по группе SH, но S-ацильные производные неустойчивы, особенно в щелочной среде, и претерпевают S,N-ацильную перегруппировку. В синтезе пептидов, содержащих Ц., для защиты его меркаптогруппы применяют ацетамидометильную, трет-бутильную, трет-бутилтионийную группы, а также разл. замещенные бензильной группы.

Ц. дает характерные р-ции на меркаптогруппу (с нитропруссидом Na и др.), с водным FeCl_3 образует соед., окрашивающие р-р в голубой цвет; с **Эллмана реактивом** образует соед., обладающее при pH 8 сильным УФ поглощением (λ 412 нм). Количественно Ц. определяют колориметрич. методом или потенциометрич. титрованием с помощью AgNO_3 или HgCl_2 .

Ц. – кодируемая заменимая α-аминокислота. Ц. входит в состав белков и нек-рых пептидов (напр., **глутатиона**). Особенно много Ц. в **кератинах**. Биосинтез Ц. в растениях и микроорганизмах осуществляется путем замены OH на SH в серине. В организме животных образуется из **метионина**, распадается до цистаминина. Характерная особенность Ц. – его способность подвергаться в составе молекулы белка самопроизвольному окислению с образованием остатков цистина. Ц. участвует в биосинтезе цистина, глутатиона, таурина и кофермента А.

Ц. может быть получен восстановлением цистина, взаимодей. фталимидомалонового эфира с хлорметил(бензил)сульфидом (с послед. гидролизом и восстановлением) и др.

В спектре ПМР в D_2O хим. сдвиги (в м. д.) 4,344 (α-Н), 3,18 и 3,125 (β-Н).

Ц. впервые выделен в виде цистина К. Мёрнером в 1899 из рога. Мировое произ-во L-Ц. ок. 350 т в год (1989).

В. В. Баев.

ЦИСТИН (3,3'-дитио-бис-2-аминопропионовая к-та, дицистеин, Cys $_2$) $\text{HOOCCH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{SSCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$, мол. м. 240,24. L-Ц. – бесцв. кристаллы; $[\alpha]_D^{20} -223,4^\circ$ (1 г в 100 мл 1 н. HCl); раств. в воде; при 35° pK_a 1,0 и 2,1 (COOH), 8,02 и 8,71 (NH $_2$). Для D-Ц. $[\alpha]_D^{20} +223^\circ$ (1 г в 100 мл 1 н. HCl).

Образуется при окислении **цистеина** кислородом воздуха в щелочных р-рах. Синтез пептидов, содержащих Ц., осуществляют окислением групп SH цистеина.

L-Ц. – заменимая неcodируемая α-аминокислота, не включается в пептидную цепь при ее биосинтезе, а образуется в результате ферментативного окисления остатков двух молекул цистеина (в т. ч. из разных полипептидных цепей).

Ц. играет важную роль в формировании пространств. структур ряда белков и пептидов, напр. инсулина, соматостатина и иммуноглобулинов.

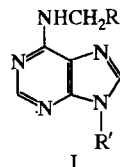
Данные спектра ПМР у Ц. такие же, как у цистеина. Ц. впервые выделен К. Мёрнером в 1899 из рога. Мировое произ-во L-Ц. ок. 40 т в год (1982).

В. В. Баев.

ЦИТИДИН, см. **Нуклеозиды**.

ЦИТОЗИН, см. **Пиримидиновые основания**.

ЦИТОКИНИНЫ, прир. регуляторы роста растений, в малых концентрациях (10^{-5} – 10^{-9} М) стимулируют деление, рост и дифференцировку растит. клеток. Ц. активируют также синтез РНК и белков, усиливают транспирацию, задерживают процессы старения растений и повышают их устойчивость к неблагоприятным условиям внеш. среды. По хим. строению – производные 6-аминопурина (аденина) общей ф-лы I. Наиб. распространен в природе зеатин (I; R = $\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$,



$R' = H$, транс-изомер). Кроме того, в растениях встречаются *цис*-зеатин, дигидрозеатин [$R = CH_2CH(CH_3)CH_2OH$, $R' = H$], а также [$R = CH = C(CH_3)_2$, $CH_2C(OH)(CH_3)CH_2OH$, $CH_2(OH)C(OH)(CH_3)CH_2OH$, $2-HOC_6H_4$, $R' = H$]. Первое в-во с цитокининовой активностью — кинетин (I; $R = 2$ -фурил, $R' = H$) — выделено из молок сельди.

В растениях Ц. образуются в корнях при распаде транспортных РНК, а также путем биосинтеза из 5'-аденозинмонофосфата и изопентенилпирофосфата (последний получается из мевалонной к-ты); при дальнейшем ферментативном отщеплении фосфатной и рибозидной групп получается изопентениладенин, окисляющийся в зеатин. В виде транспортных форм — соответствующих нуклеозидов (I; R — остаток рибозы) и нуклеотидов (I; R — остаток рибозофосфата) Ц. передвигаются по ксилеме в надземные части растений.

В тканях растений Ц. довольно быстро распадаются с отщеплением боковой цепи и далее с разрывом пуринового кольца; более устойчивы (но менее активны) их транспортные формы, а также запасные формы — конъюгаты, к-рые Ц. образуют с глюкозой, аланином и нек-рыми белками, присоединяя их к атомам N кольца или атомам O боковой цепи.

Известны синтетич. в-ва, по биол. действию напоминающие Ц. Нек-рые из них, напр. 6-бензиламинопурин (бензиладенин), близки по хим. строению прир. Ц.; другие относятся к классу фенилмочевин общей ф-лы $C_6H_5NHCONHR$ (II; где R — незамещ. или замещ. фенил либо 4-пиридил).

Цитокининовой активностью обладает также известный дефолиант тиадазурон (II; $R = 1,2,3$ -тиадиазол-5-ил), действие к-рого обусловлено тем, что избыточная концентрация Ц. (гиперцитокиниз) стимулирует образование эндогенного этилена, вызывающего опадение листьев. С явлением гиперцитокиниза связаны, по-видимому, действие нек-рых гербицидов, в частности из группы сульфонилмочевин (см. *Гербициды*).

Лит.: Кулаева О. Н., Цитокинины, их структура и функции, М., 1973; Регуляторы роста растений, под ред. Г. С. Муромцева, М., 1979, с. 86–117; Полевой В. В., Фитогормоны, Л., 1982; Основы химической регуляции роста и продуктивности растений, М., 1987, с. 80–133; Chemistry of plant hormones, ed. by N. Takahashi, Boca Raton (Florida), 1986, p. 153–200.

Г. С. Швиндлерман.

ЦИТОХИМИЯ, изучает распределение и содержание внутри клетки хим. соед., динамику их превращений в процессах жизнедеятельности (в т. ч. при патологии). Ц. возникла в 1-й пол. 19 в.; значительно усовершенствована и широко используется с сер. 20 в. для диагностич. целей, в медицине, биохимии и др.

Осн. методы Ц.: 1) микрохимия — выделение определенных клеточных структур (напр., митохондрий или рибосом) путем дифференциального центрифугирования и осуществление хим. анализа их состава. 2) Микроспектрофотометрия — определение в-в с помощью микроскопа-спектрофотометра непосредственно в клетке по характерному спектру поглощения (напр., нуклеиновых к-т по поглощению пуринами и пиримидинами УФ излучения). 3) Микроинтерферометрия — оценка массы клетки по сдвигу фазы поляризованного света. После экстракции определенного в-ва можно измерить его содержание в клетке. Микроспектральные и интерферометрич. методы позволяют проводить хим. анализ живых клеток. 4) Цитофотометрия окрашенных клеток — качеств. и (или) количеств. определение в-ва в клетке путем фотометрии окрашенного продукта, к-рый образуется при взаимод. анализируемого в-ва с красителем или др. в-вом. Измерения осуществляют, используя микроскоп, монохроматор, фотомножитель и регистрирующее устройство. Для количеств. исследований применяют также анализаторы изображений. Один из точных методов цитофотометрии — р-ция Фельгена [взаимод. альдегидных групп, возникших в результате кислотного гидролиза ДНК, с фуксинсернистой к-той (реактив Шиффа) с образованием красно-малинового комплекса, к-рый специфически характеризует распределение ДНК и ее кол-во в ядре]. Активные красители (процонины) образуют ковалентные связи с разными реакционноспособными группами белков или углеводов, окрашивая клеточные структуры. В результате разл. р-ций выявляются ферменты, определяется их локализация и актив-

ность. 5) Флуоресцентная микроскопия и цитофлуорометрия. Осуществляют р-цию в-ва с флуоресцирующим маркером (см., напр., *Липидные зонды*) и затем по интенсивности флуоресценции определяют кол-во этого в-ва. 6) Авторадиография — определение локализации определенного метабол. процесса и его интенсивности в клеточных структурах благодаря введению в организм или в среду клеточной культуры метаболитов, меченных радионуклидами, и приготовления цитоавтографа (препарата из клеток и фотоэмульсии, к-рую проявляют после экспозиции). 7) Иммуноцитохимия — выявление расположения определенного антигена внутри клетки путем получения комплексов между антителами, конъюгированными с красителями, и анализируемыми антигенами.

В большинстве методов Ц. может использоваться также электронный микроскоп.

Раздел Ц. — гистохимия. Теми же методами, что в Ц., оценивается распределение и содержание в-в в разных участках ткани или в органе (напр., в разл. частях печени, в сосудах и т. д.).

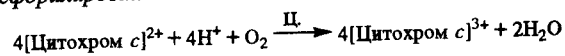
Благодаря развитию методов Ц. впервые были сформулированы идеи о ведущей роли нуклеиновых к-т в синтезе белка, в развитии организмов и наследственности (Б. В. Кедровский, Т. Касперсон, 30-е гг. 20 в.). В 40-х гг. методами Ц. было доказано постоянство содержания ДНК в хромосомном наборе (К. и Р. Вендрели) и на этой основе определена общепол. значимость полиплоидных клеток (несут неск. гомологичных наборов хромосом) и выяснена важная роль клеточной полиплоидии (кратное увеличение числа наборов хромосом) в росте и развитии животных и растений. При использовании радиоактивных предшественников синтеза ДНК, гл. обр. 3H -тимидина (К. Леблон, Л. Н. Жинкин, 60-е гг.), определены важные закономерности обновления клеточных популяций и регенерации тканей. При применении 3H -предшественников РНК и белков изучены закономерности перемещения макромолекул внутри клетки. Благодаря значит. усовершенствованию флуоресцентной микроскопии (Е. М. Брумберг, М. Н. Мейсель, 60-е гг.) определены изменения структуры хроматина, характеризующие его активность. При изучении кинетики образования клеточных белков цитохим. и биохим. методами в 60–70-х гг. открыт ритм синтеза белка. Определены др. метабол. ритмы такой же окологос. связями, полиаминов, нек-рых ионов, изменение рН внутри клеток и активности мн. ферментов). В физиол. исследованиях найдены такие же ритмы дыхания организмов, частоты сердечных сокращений, активности мозга, поведения животных. В работах 80-х гг. при гибридизации ДНК клеточного ядра с клонированной ДНК определенного гена установлено положение этого гена в хромосоме.

Цитохим. методы используют в медицине, в частности, для диагностики и прогноза лечения злокачеств. опухолей.

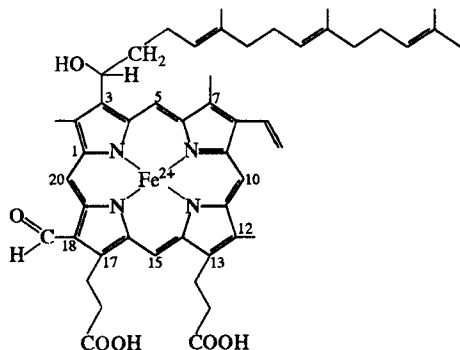
Лит.: Пирс Э., Гистохимия, пер. с англ., М., 1962; Бродский В. Я., Трофика клетки, М., 1966; Введение в количественную цитохимию, пер. с англ., М., 1969; Зеленин А. В., Взаимодействие аминопроизводных акридина с клеткой, М., 1971; Роджерс Э., Авторадиография, пер. с англ., М., 1972; Агроскин Л. С., Папаян Г. В., Цитофотометрия, Л., 1977; Иванов В. В., Активные красители в биологии, М., 1982; Бродский В. Я., Нечасова Н. В., Ритм синтеза белка, М., 1988.

В. Я. Бродский.

ЦИТОХРОМ с-ОКСИДАЗА (цитохромоксидаза, Ц.), фермент класса оксидоредуктаз; катализирует конечный этап переноса электронов на кислород в процессе окислительного фосфорилирования:



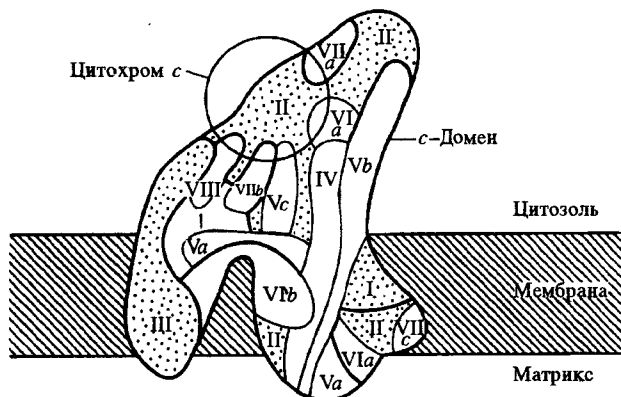
Окисление цитохрома с сопровождается появлением мембранного протонного потенциала $\Delta\mu H^+$, к-рый используется клеткой для обеспечения всех видов работ, выполняемых мембранами, и в первую очередь для синтеза АТФ. Фермент широко распространен как среди эукариот, так и среди прокариот. У эукариот фермент расположен во внутр. мембране митохондрий, у прокариот — в цитоплазматич. мембране. Ц. — сложный белок, состоящий из неск. полипептидных



цепей, связанных с 4 окислит.-восстановит. центрами, 2 ионами Cu^{2+} и 2 гемами *a* (см. ф-лу).

Мол. масса фермента (напр., Ц. из сердца быка) составляет от 180 до 200 тыс. Ц. обычно существует в димерной форме и прочно ассоциирована с молекулами фосфолипидов мембран и ПАВ, использованных при ее выделении. Ц. имеет характерный спектр поглощения; $\lambda_{\text{макс}}$, нм ($\epsilon \cdot 10^{-3}$): восстановленная форма 443 (107), 603 (23,2); окисленная форма — 421 (82), 598 (11).

Железо гемов может находиться в окисленном или восстановленном состоянии и образует координац. связи с одним либо двумя аминокислотными остатками белковой цепи. В зависимости от белкового окружения гемы различаются по св-вам: один (гем *a*₃), высокоспиновый, после восстановления реагирует с O_2 или CO , CN . Другой (гем *a*), низкоспиновый, в такие р-ции не вступает. Ионы меди в Ц. также неравноценны. Один из них, Cu_A , дает сигнал в спектре ЭПР и взаимодейств. с гемом *a*, другой, Cu_B , не дает сигналов, взаимодейств. с гемом *a*₃. Число полипептидных цепей в ферменте зависит от эволюционной ступени, занимаемой организмом — источником Ц. Фермент прокариот включает 2–3 белковые цепи, эукариоты содержат Ц. из 5 (соя, батат) или 7–8 субъединиц (дрожжи). У млекопитающих число субъединиц фермента возрастает до 12–13. Все полипептиды в Ц. различны по структуре и имеют мол. м. от 5 до 57 тыс. Три наиб. крупные субъединицы (I–III; рис.). Ц. эукариот кодируются в митохондриальном геноме и синтезируются на митохондриальных рибосомах. Эти субъединицы играют главную роль в выполнении биол. ф-ций Ц. Они связаны со всеми окислит.-восстановит. центрами и имеют участки узнавания цитохрома *c*. Остальные субъединицы Ц. кодируются в ядерном геноме и синтезируются в цитоплазме. Ф-ции этих полипептидов, вероятно, связаны с регуляцией активности Ц. и могут отражать также тканевую специфичность фермента. Первичная структура полипептидов наиб. изученных ферментов (бык, крыса, *Saccharomyces cerevisiae*) полностью известна.



Модель структурной и функциональной организации полипептидов в цитохром-оксидазе из печени крысы. Римскими цифрами и буквами обозначены отдельные субъединицы фермента.

Ц. — мембранный фермент. *c*-Домен фермента выступает из плоскости мембраны с цитоплазматич. стороны на 0,50–0,55 нм; с матричной стороны выступают на 0,15–0,25 нм два домена, к-рые состоят из спирализованных участков полипептидных цепей и включают 8–12 и 5–8 спиралей, соотв.

Цитохром *c* взаимодейств. с Ц., связываясь с субъединицей II. Цепочка, по к-рой электроны передаются к кислороду, м. б. представлена схемой: Цитохром *c* → Cu_A → Гем *a* → Гем *a*₃- Cu_B + O_2 . Перенос электрона сопровождается трансмембранным переносом двух протонов из матрикса в цитозольное пространство и появлением $\Delta\mu\text{H}^+$. Такой механизм позволяет отнести Ц. к мембранным протонным насосам.

Для выделения Ц. из митохондрий или субмитохондриальных частиц используют ПАВ, чаще всего холат или дезоксихолат натрия. Обычно чистоту Ц. выражают через отношение содержания гема *a* к кол-ву белка. Для препаратов фермента, выделенных разл. способами, этот показатель составляет 8–14 нмоль/мг. Определить точное значение этой величины пока невозможно из-за отсутствия надежных данных о числе субъединиц, действительно необходимых для функционирования фермента.

Важная характеристика Ц. — ферментативная активность, к-рая определяется спектрофотометрически (по уменьшению поглощения ферроцитохрома *c*) либо полярографически (по изменению концентрации O_2 в среде); она может достигать 400 моль цитохрома *c* на моль Ц. в секунду. Активность фермента сильно зависит от кол-ва липидов в препарате. При тщательном удалении липидов ферментативная активность резко снижается, но после добавления липидов частично восстанавливается.

Ц. необходима для обеспечения жизнедеятельности всех эукариотич. и нек-рых прокариотич. клеток. Нарушение биосинтеза Ц. в клетках человека приводит к их гибели. Структурные и функциональные изменения фермента являются причиной серьезных заболеваний.

Лит.: Филатов И.А. [и др.], «Биоорг. химия», 1988, т. 14, № 6, с. 725–45; Wikström M., Krab K., Saraste M., Cytochrome oxidase. A synthesis, L., 1981.

М.А. Кулиш.

ЦИТОХРОМЫ, сложные белки (гемопротейиды), содержащие в качестве простетич. группы гем. Служат переносчиками электронов в процессах внутриклеточного дыхания, окислит. фосфорилирования, фотосинтеза, ферментативного гидроксилирования и в др. биол. окислит.-восстановит. р-циях. Ц. найдены у всех животных, растений и микроорганизмов. Известно неск. десятков индивидуальных Ц., многие из к-рых выделены в гомогенном состоянии. Определены первичные структуры и пространственная организация многих Ц. Наиб. хорошо изучены св-ва цитохрома *c*. В зависимости от природы гема Ц. делят на 4 группы, обозначаемые буквами *a*, *b*, *c* и *d*. У Ц. *a* гем имеет строение протопорфирина (см. **Порфирины**) и содержит формильный заместитель; Ц. *b* содержит протогем (ферропротопорфирин), нековалентно связанный с полипептидной цепью; у Ц. *c* боковые заместители протопорфирина ковалентно связаны с полипептидной цепью; у Ц. *d* гем представлен дигидропорфирином (хлорином). Атом Fe, входящий в состав гемов Ц. и подвергающийся окислению и восстановлению, координирован 4 связями с атомами N порфириновых колец и 2 — с лигандами, принадлежащими полипептидным цепям (остатки гистидина, цистеина). Нек-рые Ц. содержат неск. одинаковых или разных гемов.

Все Ц. ярко окрашены и имеют характерные спектры поглощения света в видимой области, меняющиеся при их окислении или восстановлении. В типичном спектре имеются три основные полосы поглощения (α -, β - и γ -полосы в порядке убывания длин волн), по изменению к-рых обычно судят о степени восстановленности Ц.

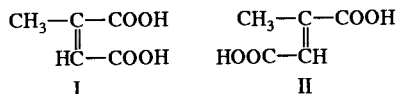
Донорами электронов для Ц. обычно служат флавины, гидрохиноны, железо-серные белки или другие Ц.; акцепторами — другие Ц. или кислород (цитохромоксидазы). Нек-рые Ц. (цитохромоксидаза, цитохром P-450) прочно связаны с мембранами митохондрий, микросом (липопротеидные ком-

плекс) и не раств. в воде, другие (напр., цитохром с) раств. в ней.

Ц. реагируют с лигандами, конкурирующими с естественным координац. окружением атома Fe гемов (СО, анионы азиды, цианида и др.). Связывание этих лигандов приводит к изменению спектральных св-в и инактивации Ц.

Лит.: Диксон М., Уэбб Э., Ферменты, пер. с англ., т. 2, М., 1982, с. 692-713; Keilin D., The history of cell respiration and cytochrome, Camb., 1966. А. Д. Виноградов.

ЦИТРАКОНОВАЯ И МЕЗАКОНОВАЯ КИСЛОТЫ (метилмалеиновая и метилфумаровая к-ты), *цис*- и *транс*-пропилен-1,2-дикарбоновые к-ты, ф-лы I и II соотв., мол. м. 130,10; бесцв. кристаллы, раств. в этаноле и диэтиловом эфире. Для цитраконовой к-ты т. пл. 91 °С, K_1 $3,8 \cdot 10^{-3}$ (вода, 25 °С); она раств. в воде, не раств. в бензоле, CS_2 , лигроине. Для мезаконовой к-ты т. пл. 240,5 °С, K_1 $8,5 \cdot 10^{-4}$ (вода, 25 °С); она умеренно раств. в воде, плохо – в $CHCl_3$, CS_2 , лигроине.



Цитраконовая к-та при нагр. с NaOH изомеризуется в мезаконовую к-ту, при перегонке легко теряет воду, превращаясь в цитраконовый ангидрид (т. пл. 7-8 °С, т. кип. 213-214 °С, d_4^{15} 1,25). Мезаконовый ангидрид из мезаконовой к-ты получить не удается. Обе к-ты образуют производные по обеим карбоксильным группам. Важнейшие производные соед. I и II: диметилловые эфиры, т. кип. 210-211 и 205,5-206 °С соотв., диэтиловые эфиры 231 и 229 °С, дихлорангидриды, 95 °С/18 мм рт. ст. и 64-65 °С/14 мм рт. ст.

Получают цитраконовую к-ту осторожным нагреванием лимонной к-ты, мезаконовую – пиролизом лимонной к-ты, (последняя р-ция идет через промежуточное образование мезаконового ангидрида).

Применяют Ц. и м.к. в произ-ве сополимеров, напр. с акриламидами, фталевым ангидридом и гликолями.

ЦИТРАЛЬ (3,7-диметил-6-октадиеналь) $(CH_3)_2C=CHCH_2CH_2C(CH_3)=CHCHO$, мол. м. 152,24; существует в виде смеси *E*- и *Z*-изомеров (соотв. гераниаль и нераль). В прир. Ц. преобладает гераниаль (до 90%). Ц. – бесцв. или светло-желтая вязкая жидкость с сильным запахом лимона; т. кип. 228-229 °С, 117-119 °С/20 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,888-0,895; n_D^{20} 1,486-1,489; давление пара 5,05 Па (20 °С); раств. в этаноле и диэтиловом эфире, не раств. в воде.

Для гераниаля т. кип. 229 °С, d_4^{20} 0,8898, n_D^{20} 1,4896; производные: семикарбазон, т. пл. 164 °С, 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 134-135 °С; для нералья т. кип. 102-104 °С/12 мм рт. ст., d_4^{20} 0,8888, n_D^{20} 1,4869; производные: семикарбазон, т. пл. 171 °С, 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 125-125,5 °С.

Ц. содержится в лемонграссовом масле (до 85%), в масле кубебы (до 75%), лимонном, эвкалиптовом и мн. других эфирных маслах. В нек-рых эфирных маслах присутствует еще один изомер Ц. – *изоцитраль* $(CH_3)_2C=CHCH_2CH=C(CH_3)CH_2CHO$, т. кип. 95-97 °С/12 мм рт. ст.; d_4^{15} 0,890, n_D^{20} 1,4838.

Ц. – реакционноспособное соед., на воздухе легко окисляется; при действии минер. к-т превращается в *n*-цимол; гидролитич. расщепление приводит к 6-метил-5-гептен-2-ону и ацетальдегиду; при гидрировании образуется *цитронеллаль*, при восстановлении альдегидной группы – *цитронеллол*; с сульфитом и гидросульфитом Na дает смесь продуктов присоединения по альдегидной группе и по двойной связи.

Ц. выделяют из эфирных масел (наиб. удобный способ – обработка р-ром сульфита или гидросульфита Na) или получают окислением кориандрового масла; взаимодей. геранилхлорида (получают из изопренилхлорида и изопрена) с уротропином; перегруппировкой дегидролиналоола в присут. полиорганосилоксановых эфиров ортованадиевой к-ты $HO[(Ph_2SiO)_n]_3VO$ либо его ацетата в присут. Ag.

Ц. – душистое в-во в парфюмерной и ароматизатор в пищ. пром-сти, его используют в качестве антисептич. и противовоспалит. средства, как сырье для получения витамина А и мн. душистых в-в, напр. иононов, гераниола, цитронеллола и др. Входит в состав глазного лекарства, снижает кровяное давление.

Т. всп. 99,5 °С, т. самовоспл. 224 °С, КПВ 0,46-0,69% (по объему), температурные пределы воспламенения 88-95 °С.

Л. А. Хейфиц.

ЦИТРАТЫ, соли и эфиры лимонной кислоты.

ЦИТРОНЕЛЛАЛЬ (3,7-диметил-6-октеналь) $(CH_3)_2C=CHCH_2CH_2CH(CH_3)CH_2CHO$, мол. м. 154,25; бесцв. вязкая жидкость с запахом лимона; т. кип. 205-208 °С; d_4^{20} 0,847-0,855; n_D^{20} 1,4485-1,4520; $[\alpha]_D^{20} \pm 13^\circ$; давление пара 22,6 Па (20 °С); раств. в этаноле, плохо – в воде; производные: семикарбазон, т. пл. 82,5-84 °С, 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 78 °С. Содержится в цитронелловом (до 45%), эвкалиптовом (до 85%), лимонном и мн. других эфирных маслах (св. 50). Ц. – реакционноспособное соед., на свету быстро окисляется с образованием сложной смеси продуктов, при действии щелочей осмоляется, в присут. минер. к-т циклизуется с образованием изопулегола и др. моноциклич. терпеновых соед., с сульфитом и гидросульфитом Na образует продукты присоединения по карбонильной группе и по двойной связи. Выделяют Ц. из эфирных масел через бисульфитное соед. или получают гидрированием цитраля. Ц. – душистое в-во в парфюмерной и ароматизатор в пищ. пром-сти, сырье для получения душистых в-в, напр. изопулегола, ментола, цитронеллола и др.

Т. всп. 81 °С, т. самовоспл. 230 °С, КПВ 0,93-2,2% (по объему), температурные пределы воспламенения 77-94 °С. ЛД₅₀ > 5 г/кг (крысы, перорально), > 2,5 г/кг (кролики, подкожно).

Л. А. Хейфиц.

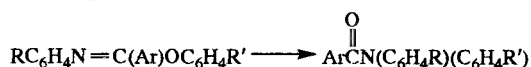
ЦИТРОНЕЛЛОЛ (3,7-диметил-6-октен-1-ол) $(CH_3)_2C=CHCH_2CH_2CH(CH_3)CH_2CH_2OH$, мол. м. 156,26; бесцв. вязкая жидкость с запахом розы; т. кип. 224-225 °С; d_4^{20} 0,849-0,863; n_D^{20} 1,454-1,463; $[\alpha]_D^{20} \pm 5-6^\circ$; давление пара 1,2 Па (20 °С); раств. в пропиленгликоле и маслах, р-римость в 70%-ном этаноле 1:2, не раств. в глицерине и плохо в воде. Содержится в цитронелловом, гераниевом (до 40%), розовом (до 50%) и др. эфирных маслах. В прир. Ц. может присутствовать изомерный 3,7-диметил-7-октен-1-ол; такую смесь иногда наз. родинолом. Наиб. ценность представляют эфирные масла, содержащие (-)-Ц., запах к-рого нежнее, чем у (+)-Ц. Выделяют Ц. из эфирных масел или получают восстановлением цитраля, цитронеллала, гераниола. Для получения (-)-Ц. используют пиролиз (+)-*цис*-пинана с послед. превращением образующегося 3,7-диметил-1,6-октадиена в условиях р-ции Циглера (взаимод. с триизобутилалюминием или диизобутилалюминийгидридом с послед. гидролизом) в (-)-Ц. Применяют Ц. при составлении мн. цветочных и парфюмерных композиций, пищ. эссенций и как сырье для получения душистых в-в.

Т. всп. 96 °С, т. самовоспл. 249 °С, КПВ 0,95-2,7% (по объему), температурные пределы воспламенения 99-121 °С. ЛД₅₀ 3,45 г/кг (крысы, перорально), 2,65 г/кг (кролики, подкожно).

Л. А. Хейфиц.

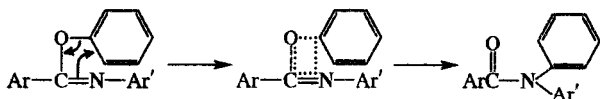
Ч

ЧЕПМЕНА РЕАКЦИЯ (перегруппировка Чепмена), термич. изомеризация ароматич. иминоэфиров в *N,N*-диариламиды ароматич. карбоновых к-т:

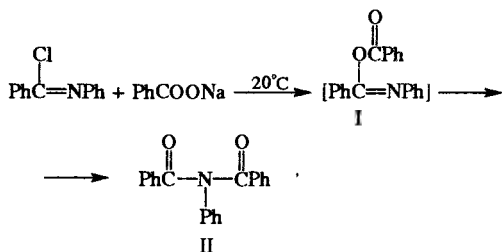


R и R' – Hal, Alk, NO₂, COOR'' и др. Обычно иминоэфир нагревают 1–2 ч при 200–300 °С и продукт выделяют кристаллизацией; выходы достигают 70–90%. Наиб. выходы получают при кипячении в тетраглицероле (диметиловый эфир тетраэтиленгликоля). *N,N*-диариламиды легко омыляются щелочами в соответствующие дифениламины.

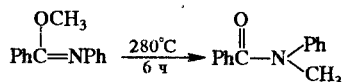
Р-ция облегчается, когда R в арилоксигруппе исходного иминоэфира – электроноакцепторный заместитель, и затрудняется в случае электронодонорного R. Заместители R' влияют противоположным образом. Такое влияние заместителей, а также внутримолекул. характер Ч. п. хорошо описывает механизм, по к-рому миграция арильной группы от O к N происходит в четырехчленном переходном состоянии в результате нуклеоф. атаки мигрирующей арильной группы атомом азота:



В соответствии с этим механизмом О-ацилиминоэфиры (ф-ла I) изомеризуются настолько легко, что в большинстве случаев выделить их не удается – в р-ции сразу образуются продукты перегруппировки (имиды II):



О-Метилиминоэфиры также вступают в Ч. п. с образованием соответствующего амида, напр.:



Ч. п. – важный метод синтеза замещенных дифениламинов и азотсодержащих гетероциклов. Р-ция открыта в 1915, подробно изучалась А. Чепменом с 1925.

См. также Бекмана перегруппировка.

Лит.: Schulenberg J.W., Archer S., в сб.: Organic reactions, 1965, в. 14, р. 1; Curtin D.Y., Miller L.L., «Tetrahedron Lett.», 1965, № 23, р. 1869.

ЧЕРНЕНИЕ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ. см. Химико-фотографическая обработка фотоматериалов.

ЧЕРНЫЕ ПЛЕНКИ, тонкие межфазные прослойки толщиной менее длины световой волны видимой части спектра. Образуются, напр., при утончении свободных (двусторонних) пленок р-ров ПАВ. Бесцв. вначале пленка приобретает радужную окраску, когда ее толщина становится соизмеримой с длиной волны видимого света (400–760 нм). Затем, если пленка продолжает утончаться без разрыва, на ней появляются неокрашенные пятна – в отраженном свете они выглядят черными, к-рые распространяются на всю пов-сть пленки. В общем случае Ч. п. представляют собой трехслойное образование: два ориентир. монослоя сольватир. молекул ПАВ, разделенных прослойкой р-рителя. Однако последняя может отсутствовать и тогда Ч. п. имеет бислойное (бимолекулярное) строение, аналогичное строению липидных мембран в клеточных структурах живых организмов. Такие Ч. п. называют ньютоновскими (или перреновскими), их толщина 3–5 нм. Симметричные Ч. п. (разделяющие отдельные части одной фазы) термодинамически метастабильны. Но практически их устойчивость не ограничена во времени, поскольку для разрушения (прорыва) пленки необходимо преодолеть потенциальный энергетич. барьер. Исследование структуры и механизма стабилизации Ч. п. имеет важное значение для развития представлений о строении и функциях биол. мембран, а также теории устойчивости пен, эмульсий и других дисперсных систем с жидкой дисперсионной средой. См. также Тонкие пленки.

Лит.: Кругляков П.М., Ексерова Д.Р., Пена и пенные пленки, М., 1990.

Л. А. Шил.

ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТЫЙ УГЛЕРОД (тетрахлорметан, фреон 10, хладон 10) CCl₄, мол. м. 153,83; бесцв. жидкость с резким сладковатым запахом, т. пл. –22,96 °С, т. кип. 76,7 °С; d₄²⁰ 1,5950, плотн. паров по воздуху 5,29; n_D²⁰ 1,4603; энергия связи С–Cl 284,5 кДж/моль, длина связи 0,176 нм; η (мПа·с) жидкости 2,560 (–40 °С), 0,969 (20 °С), 0,585 (60 °С); η пара 9,6 (20 °С), 11,5 (100 °С), 21,0 (400 °С); γ (мН/м) 40,9 (–60 °С), 26,95 (20 °С), 17,26 (100 °С), 2,0 (220 °С); t_{крист} 283,1 °С, p_{крист} 4,545 МПа, d_{крист} 0,558 г/см³; давление пара (кПа) 1,33 (–20,6 °С), 11,94 (20 °С), 186,4 (100 °С), 4053 (276 °С); C_p [кДж/(кг·К)] жидкости 0,724 (–60 °С), 0,862 (20 °С), 0,963 (100 °С), пара 0,519 (0 °С), 0,586 (100 °С), 0,649 (500 °С); ΔH_{исп}⁰ (кДж/кг) 209,8 (20 °С), 17,92 (100 °С), 83,7 (260 °С); ΔH_{пл}⁰ 16,41 кДж/кг; ΔH_{гор}⁰ –365,51 кДж/моль; ΔH_{обр}⁰ –106,76 кДж/моль; S₂₉₈⁰ 309,95 Дж/(моль·К); коэф. теплопроводности [Вт/(м·К)] жидкости 0,1046 (20 °С), 0,090 (100 °С), пара 0,00895 (100 °С), 0,01498 (300 °С); ε жидкости 2,234 (20 °С), пара 1,0007 (100 °С). Хорошо раств. в орг. р-рителях; р-римость в воде (% по массе) 0,097 (0 °С), 0,089 (20 °С), 0,014 (60 °С), р-римость воды в Ч. у. 0,005 (0 °С), 0,008 (20 °С), 0,024 (50 °С); образует азеотропную смесь с водой (т. кип. 66 °С, 95,9% Ч. у.).

Ч. у. химически инертен. Он устойчив к действию воздуха, света, конц. H₂SO₄. При нагрев. с водой до 250 °С при ее недостатке гидролизуетс до фосгена, при избытке – до хлора. Фосген образуется также при р-ции CCl₄ с олеумом. Нагревание выше 500 °С приводит к тетрахлорэтилену и гексахлоргану либо к их смеси с выделением своб. хлора. Ч. у. восстанавливается Zn до CHCl₃, металлами VIII гр. – до метана. Окисляется в присут. железа при т-ре выше 300 °С до фосгена и хлора. При взаимодей. Ч. у. с AlBr₃ при 100 °С образуется тетрабромметан, с HF в присут. SbCl₅ при 250–300 °С и 0,5–0,7 МПа – фторхлорметан. В присут. AlCl₃ вступает в р-цию Фриделя – Крафта с ароматич. соед. В свободнорадикальных р-циях, в т. ч. р-циях теломеризации, CCl₄ служит переносчиком галогена: CH₃· + CCl₄ → CH₃Cl + CCl₃·; 2CCl₃· → C₂Cl₆; CCl₄ + nCH₂=CH₂ → CCl₃(CH₂CH₂)_nCl.

Получают Ч. у. совместно с тетрахлорэтиленом исчерпывающим хлорированием в объеме при 600 °С углеводородов C₁–C₃ или их хлорпроизводных либо хлорированных углеводородов пропан-пропиленового ряда при 520–550 °С в присут. песка. Можно использовать также исчерпывающее хлориро-

вание смеси хлорид. углеводородов (отходы произ-ва винил-хлорида) при 600 °С и 20 МПа; Ч. у. после отделения под давлением от HCl и Cl₂ выделяют путем ректификации с послед. нейтрализацией. Чистота продукта не ниже 99,98%. Ч. у. может быть получен из метана в кипящем слое активир. угля или хлорированием сероуглерода.

Ч. у. — сырье для произ-ва хладонов, р-итель, огнетушащее средство.

Ч. у. — негорюч, взрыво- и пожаробезопасен. Ядовит при вдыхании паров, попадании внутрь через желудочно-кишечный тракт или всасывании через кожные покровы и слизистые оболочки. ПДК паров в воздухе рабочей зоны 20 мг/м³, в атм. воздухе макс. разовая доза 2 мг/м³, в воде водоемов — 0,3 мг/л. Ч. у., как и ряд др. хладонов, разрушает озоновый слой (см. *Хладоны*) и отнесен к запрещенным продуктам в соответствии с дополнениями к Монреальскому протоколу (1987).

Произ-во Ч. у. в США 345 тыс. т в год (1988); 120 тыс. т в год (1990).

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, М., 1978, с. 35–44. Ю. А. Трегер.

ЧИСТЯЩИЕ СРЕДСТВА, хим. препараты, предназначенные для чистки и мытья металлич., эмалированных, деревянных и др. пов-стей. При воздействии Ч. с. на поверхностный слой материала происходит сложный комплекс физ.-хим. процессов, в т. ч. смачивание очищаемой пов-сти, диспергирование и сорбция частиц загрязнений, предотвращение их обратного осаждения на обрабатываемую пов-сть.

Различают собственно Ч. с. и препараты, выделяемые в спец. группы: нек-рые ср-ва для очистки полов и мебели (см. *Полироли*), удаления пятен с текстильных изделий и твердых пов-стей (см. *Пятновыводители*), вспомогаг. средства для стирки (см. *Моющие средства*, *Синтетические моющие средства*), нек-рые дезинфицирующие средства, автоочистители — препараты для очистки деталей автомобилей (см. *Автосредства*), ср-ва для удаления накипи (см. *Антинакипины*) и др.

Ч. с. применяют в виде порошков, жидкостей, паст, суспензий, эмульсий; ряд препаратов выпускают на гибких подложках, в аэрозольных и беспропеллентных упаковках (см. *Бытовая химия*).

По наличию абразивных компонентов Ч. с. подразделяют на абразивные и безабразивные. В абразивных ср-вах кол-во абразива может превышать 95% по массе. Различают абразивы природные (тонкомолотые кварцевый песок, пемза, мел и т. д.) и искусственные (напр., порошки электродорудов, саморассыпающиеся шлаки электрочечей). В состав порошкообразных препаратов, кроме абразива, могут входить ПАВ, метасиликат и триполифосфат натрия, Na₂CO₃, отдушки и др. Абразивные пасты и суспензии часто содержат также глицирин и этиленгликоль (смягчают кожу рук, предохраняют препарат от высыхания). Применяют абразивные ср-ва обычно для мех. обработки (шлифование, полирование) металлич., стеклянных и др. пов-стей с использованием спец. инструмента, напр. шлифовальных или полировальных крутов, брусков, шкурок.

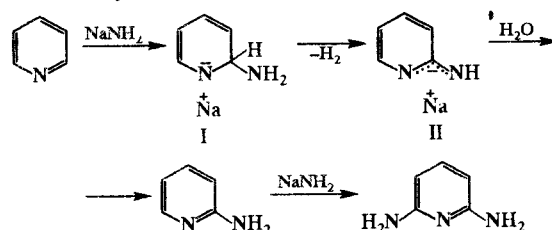
Порошкообразные безабразивные ср-ва включают триполифосфат натрия, Na₂CO₃, дезинфектанты (напр., калиевая соль дихлоризоциануровой к-ты) и др. Жидкие ср-ва могут содержать ПАВ, мочевины, орг. р-ители и др.

Выпускаются также абразивные препараты на гибких подложках (тканый или нетканый материал с пропиткой моющей-чистящей композицией), обладающие рядом достоинств: не пылят, как порошки, не теряют пластичности, как пасты, могут использоваться многократно.

Лит.: Чалмерс Л., Химические средства в быту и промышленности, пер. с англ., Л., 1969; Справочник товароведов непродовольственных товаров, 2 изд., т. 3, М., 1984; Юдин А. М., Сучков В. Н., Коростелкин Ю. А., Химия для нас, 4 изд., М., 1988. А. М. Юдин.

ЧИЧИБАБИНА РЕАКЦИЯ, аминирование пиридина и подложных ароматич. азаетероциклов (хинолин, изохинолин, бензимидазол и т. п.) амидом натрия; в случае пиридина при этом образуется 2-аминопиридин с незначит. примесью

4-аминопиридина (при повышенной т-ре и избытке NaNH₂ возможно получение 2,6-диаминопиридина):

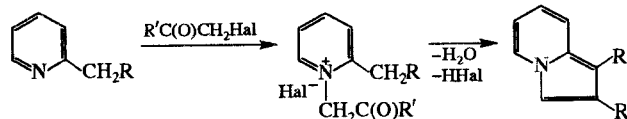


Известно два способа проведения Ч. р.: в апротонных р-ителях (толуол, ксилол, л-цимол, вазелиновое масло и др.) и в жидком NH₃. В первом случае р-ция протекает в гетерогенной среде, в связи с чем требуется высокая т-ра (обычно выше 100 °С). В жидком NH₃ процесс проходит в гомогенных условиях и при низкой т-ре (ниже –33 °С); вместо NaNH₂ в этом случае предпочтительнее использовать KNH₂, к-рый в жидком NH₃ раств. значительно лучше. Выходы р-ции составляют 30–90%.

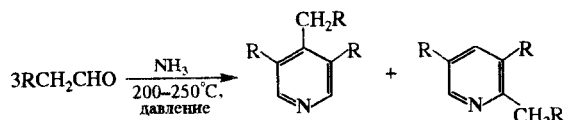
Формально Ч. р. — нуклеоф. замещение гидрид-иона на NH₂, поэтому для ее протекания необходимо, чтобы в молекуле субстрата содержался высоко электронодефицитный кольцевой атом С, к-рый и атакует амид-ион. На первой стадии образуется анионный σ-комплекс (ф-ла I), к-рый далее ароматизируется с образованием Na-соли амина (II); свободный амин выделяется при прибавлении в реакц. смесь воды или NH₄Cl. При высокотемпературном способе проведения р-ции гидрид-ион отщепляется от σ-комплекса самопроизвольно в виде H₂ (второй атом Н поступает в молекулу H₂ в виде протона из аминогруппы). По объему выделившегося H₂ удобно контролировать ход аминирования. Однако при проведении р-ции в жидком NH₃ гидрид-ион самопроизвольно отщепиться не может. В этом случае для ароматизации σ-комплекса необходимо добавлять в реакц. смесь окислитель (обычно KMnO₄). Напр., окислит. аминирование сим-тетразина дает 3-аминотетразин с высоким выходом. Окислит. аминирование незаменимо для тех азидов и азолов, к-рые разрушаются NaNH₂ при высокой т-ре.

Ч. р. впервые описана А. Е. Чичибабиным и О. А. Зейде в 1914. Позднее были предложены ее модификации — алкиламинирование гетероциклов с помощью натрийалкиламидов, гидразинирование гидразидом натрия, гидроксилрование нагреванием с безводной порошкообразной щелочью, известны примеры внутримол. алкиламинирования по Чичибабину.

Чичибабины были открыты еще две р-ции, к-рые иногда также наз. его именем: 1) синтез производных индолизина действием α-галогенкарбонильных соед. на 2-алкилпиридин (р-ция пригодна также для аннелирования пиррольного кольца и к др. α-алкиламинам и азолам):

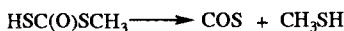
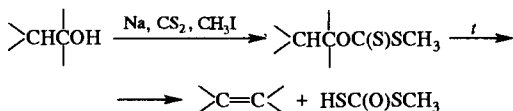


2) Синтез производных пиридина путем термич. циклоконденсации альдегидов с аммиаком:



Лит.: Пожарский А. Ф., Симонов А. М., Аминирование гетероциклов по Чичибабину, Ростов н/Д, 1971; Пожарский А. Ф. [и др.], «Успехи химии», 1978, т. 47, в. 11, с. 1933–65; Плас Х. ван дер, «Химия гетероциклических соединений», 1987, № 8, с. 1011–27; McGill C. K., Rapp A., в сб.: Advances in heterocyclic chemistry, ed. by A. R. Katritzky, v. 44, N. Y., 1988, p. 1–79. А. Ф. Пожарский.

ЧУГАЕВА РЕАКЦИЯ (ксантогеновая р-ция), превращение спиртов в олефины путем пиролиза S-метилксантогенатов, получаемых из этих спиртов:

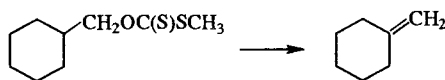


Для получения S-метилксантогената алкоголь исходного спирта нагревают со смесью CS_2 и CH_3I . Образовавшийся S-метилксантогенат выделяют (кристаллизацией или др. методами) и нагревают ($100\text{--}250^\circ\text{C}$) в течение неск. часов. Наиб. легко (уже в момент образования) происходит разложение S-метилксантогенатов третичных спиртов и неск. труднее — вторичных. Применение Ч. р. к первичным спиртам ограничено.

Конечные продукты выделяют ректификацией, с помощью ГЖХ и др. Многостадийность процесса и разл. степень устойчивости исходных, промежут. и конечных продуктов р-ции обуславливают широкое варьирование выходов целевых продуктов (в большинстве случаев от 10 до 70%).

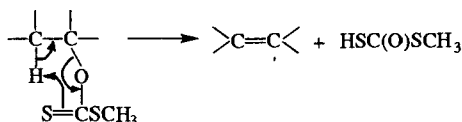
В Ч. р. вступают практически все спирты, содержащие β-Н-атом. Иногда вместо S-метилксантогенатов получают высшие S-алкил- или S-бензилксантогенаты. Спирты с разветвленными углеводородными радикалами нередко дают смеси изомерных олефинов [напр., из 3-гексанола образуются: *цис*-3-гексен (13%), *транс*-2-гексен (29%) и *цис*-2-гексен (13%)]; спирты, не содержащие β-Н-атом, дают обычно ди-тиокарбонаты; из гликолей образуются циклич. тионкарбонаты или ацетилены. При пиролизе S-метилксантогенатов, полученных из циклич. спиртов, иногда наблюдается разрыв связи C—C кольца.

Представляет интерес использование Ч. р. для получения соед. с экзотическим. кратной связью, напр.:



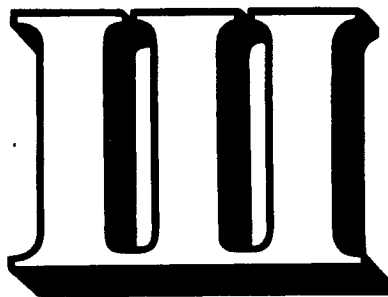
По сравнению с прямой дегидратацией спиртов или с расщеплением простых и сложных эфиров в Ч. р. реже наблюдается изомеризация углеродного скелета; существенно также, что разложение ксантогенатов протекает при умеренной т-ре в слабощелочной среде.

Считается, что разложение S-метилксантогенатов представляет собой процесс *цис*-элиминирования, протекающий с образованием циклич. переходного состояния с участием атома S группы C=S:



Ч. р. используют в препаративных (напр., в химии терпенов и стероидов) и аналит. целях. Р-ция открыта Л. А. Чугаевым в 1899.

Лит.: Нэс Г., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., сб. 12, М., 1965, с. 71–173; Chande M., Pranjpe S., «Indian J. Chem.», 1973, № 11, р. 1206–07. Г. И. Дрозд.



ШАМПУНИ (от англ. shampoo — мыльная душистая жидкость), хим. препараты, предназначенные гл. обр. для удаления загрязнений с пов-сти кожи и волос человека; разновидность *синтетических моющих средств*. Выпускные формы Ш. — порошки, жидкости (большинство препаратов можно применять в воде любой жесткости, в т. ч. в морской), гели, кремы, аэрозольные и беспропеллентные упаковки (см. *Бытовая химия*).

По назначению различают Ш.: для нормальных, сухих и жирных волос, а также универсальные для любых типов волос; для питания кожи головы и придания волосам эластичности и блеска; для улучшения структуры и расчесывания волос, их укрепления и профилактики перхоти. Имеются также красящие и отбелочные Ш., с помощью к-рых не только моют волосы, но и подкрашивают их в соответствующий цвет и устраняют, напр., неприятный желтоватый оттенок седых волос.

Основу Ш. составляют анионные, неионогенные и амфотерные ПАВ (напр., сульфэтоксилаты, N-ацил-α-аминокислоты, триэтаноламмониевые соли алкилсульфатов). Важную роль выполняют т. наз. пережиривающие (способствуют удалению кожного жира и продуктов его окисления, напр. ланолин) и биологически активные в-ва (витамины, жир. эфирные масла, экстракты и настои растений, в т. ч. экстракты календулы, ромашки, элеутерококка, женьшеня и др.), душистые в-ва. На основе ПАВ мягкого действия и соответствующих добавок выпускают Ш. для детей, не раздражающие слизистую оболочку глаз. Состав Ш. оптимален, если при высокой моющей способности они не обезжиривают кожу, не являются аллергенами и нетоксичны. Запахи Ш. несут многофункциональную нагрузку: маскируют запахи сырья, оказывают эстетич. и психологич. воздействия.

Особые, довольно распространенные группы Ш. составляют нек-рые пеномоющие препараты, а также автошампуни — ср-ва для удаления загрязнений с покрытий и деталей автомобилей, мотоциклов, катеров и др., содержащие композиции ПАВ (напр., на основе алкилтриметиламмонийхлорида), антикоррозионные и иные добавки. Меньшее применение нашли зоошампуни — ср-ва для мытья домашних животных (собак, кошек).

В связи с возможным загрязнением при пользовании Ш. окружающей среды одним из важнейших показателей этих ср-в (особенно автошампуней) является биоразлагаемость входящих в их рецептуры ПАВ.

Лит.: Юдин А. М., Сучков В. Н., Коростелин Ю. А., Химия для вас, 4 изд., М., 1988. А. М. Юдин.

ШАРДИНГЕРА ДЕКСТРИНЫ, см. *Олигосахариды*.

ШЕЛЛАК, см. *Смолы природные*.

ШЕННИГЕРА МЕТОД, разложение микроколичеств орг. в-ва в колбе, наполненной кислородом; используется в элементном анализе.

Навеску анализируемого в-ва (обычно 2–10 мг) завертывают в кусочек беззольной фильтровальной бумаги, вырезанной в виде флажка таким образом, чтобы после его свертывания остался удлиненный конец. Закрепляют пробу в держателе, изготовленном из платиновой спирали или сетки и вмонтированном в пробку колбы. В колбу наливают р-р, поглощаю-

ший продукты сжигания, и наполняют ее кислородом. Поджигают удлиненный конец пакета с пробой и быстро вставляют пробку в колбу. Обычно используют толстостенные конич. колбы Эрленмейера из боросиликатного стекла емкостью до 1 л (при навеске до 1 г). Высококипящие жидкости накапывают на фильтровальную бумагу, при анализе летучих жидкостей применяют контейнеры из желатина, целлюлозы, полиэтилена.

Кроме обычного поджигания бумаги на открытом пламени можно использовать электрич. или оптич. способы поджигания, к-рые более безопасны.

Состав поглотит. р-ра зависит от определяемого элемента. Для полного поглощения продуктов сжигания достаточно 20–30 мин, при энергичном встряхивании колбы поглощение проходит более эффективно. Конечное определение элементов в поглотит. р-ре проводят любым подходящим аналит. методом.

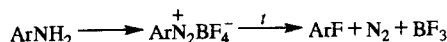
Ш. м. используют при определении галогенов, S, P, Hg, Ge, Ni, Co, As и др. элементов в орг. соединениях.

При сжигании элементоорг. соед. в зоне горения образуются не только газообразные, но и твердые продукты окисления, что затрудняет анализ. При сжигании проб, стойких к окислению, в т.ч. фторорг. соед., используют добавки легкоокисляющихся в-в (NaNO₃, KNO₃, сахароза, парафин, бензойная к-та и др.), к-рые смешивают с образцом, или, если они представляют собой р-р, пропитывают ими фильтровальную бумагу. Сжигание фторорг. в-в проводят в колбах из кварца, полиэтилена, полипропилена или спец. стекла для предотвращения взаимод. фторсодержащих продуктов сжигания с материалом колбы.

Метод предложен В. Шенгером в 1955.

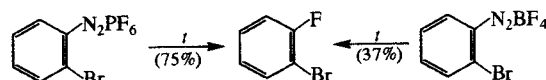
Лит.: Бок Р., Методы разложения в аналитической химии, пер. с англ., М., 1984, с. 156–69; Методы количественного органического элементного микроанализа, М., 1987, с. 149–54; Schöniger W., «Mikrochim. Acta», 1955, № 1, S. 123–29. Н. К. Куцева.

ШИМАНА РЕАКЦИЯ, получение фторароматич. и фторгетероароматич. соед. разложением соответствующих борофторидов ариладизония:



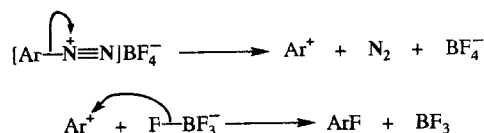
Обычно ароматич. (гетероароматич.) амин диазотируют HNO₂ в солянокислом р-ре, затем добавляют HBF₄ или ее соли, осаждают нерастворимый борофторид диазония и последний разлагают нагреванием. Для диазотирования можно использовать NaNO₂ в безводной фтористоводородной к-те.

Для получения арилфторидов применяют также гексафторфосфаты, гексафторантимонаты и гексафторсиликаты арилдиазония; при этом выход конечного продукта повышается из-за стабильности и легкости выделения этих солей, напр.:



При Ш. р. часто происходит значит. осмоление; могут наблюдаться побочные р-ции: омыление алкоксикарбонильных групп (выделяющимся BF₃), замена диазогруппы на OH либо H.

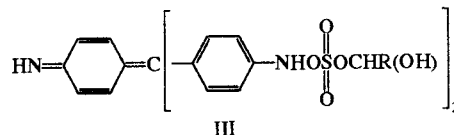
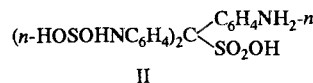
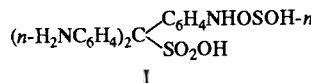
Механизм Ш. р., возможно, включает промежут. образование арил-катиона:



Ш. р. — один из основных методов синтеза моно- и дифторзамещенных ароматич. и гетероароматич. соед.

Р-ция открыта Г. Бальцем и Г. Шиманом в 1927.

ШИФФА РЕАКТИВ, водный р-р фуксинсернистой к-ты (ф-лы I или II). Служит для качественного обнаружения альдегидов. При взаимод. Ш. р. с альдегидом RCHO образуется пурпурно-фиолетовый краситель (ф-ла III).



Р-ция очень чувствительна (напр., можно определить 1 мкг формальдегида). В то же время ароматич. гидроксиальдегиды, глиоксаль, многие непредельные альдегиды не дают окрашивания. Нек-рые кетоны (напр., ацетон), непредельные соед., неорг. и орг. основания, ряд солей, способных к гидролизу, и все соед., окисляющие сернистую к-ту, приводят к образованию розовой окраски. Поэтому появление светло-розовой окраски нельзя считать положит. пробой на альдегид.

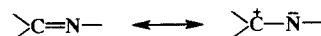
Ш. р. получают пропусканием SO₂ в 0,025%-ный водный р-р фуксина до обесцвечивания. При определении альдегидных групп необходимо довести кислотность до pH 3 путем добавления в Ш. р. к-ты или буферной смеси. Обычно проводят контрольный опыт. При нагр. р-р фуксинсернистой к-ты может краснеть.

Р-ция, лежащая в основе использования Ш. р., открыта Г. Шиффом в 1864.

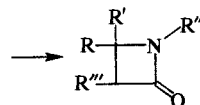
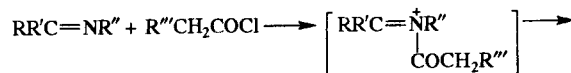
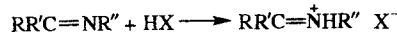
Лит.: Губен-Вейль, Методы органической химии, пер. с нем., 4 изд., т. 2. Методы анализа, М., 1963, с. 431–32; Идентификация органических соединений, пер. с англ., М., 1983, с. 195–96; Мазор Л., Методы органического анализа, пер. с англ., М., 1986, с. 122–24. Н. К. Куцева.

ШИФФОВЫ ОСНОВАНИЯ (азометиновые соединения, основания Шиффа), соед. общей ф-лы RR'C=NR'', где R, R' = H, Alk, Ar; R'' = Alk, Ar. Соед., у к-рых R'' = Ar, наз. также анилами. Маслообразные или кристаллич. в-ва; не раств. в воде, раств. в орг. р-рителях. Простейшие Ш. о. бесцветны, более сложные окрашены и относятся к классу азометиновых красителей. Слабые основания, pK_a обычно на 2–3 единицы меньше, чем для исходного амина. ИК спектр имеет характеристич. полосу поглощения в области 1690–1640 см⁻¹ (группа C=N), для N-бензилиденанилинов — в области 1631–1613 см⁻¹.

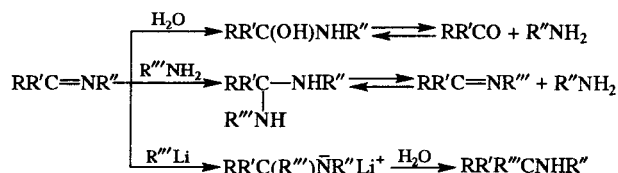
Характерные св-ва Ш. о. связаны с полярностью группы C=N, строение к-рой м. б. описано резонансом структур:



Электроф. реагенты реагируют с Ш. о. по атому N. С сильными к-тами и алкилгалогенидами образуются иминиевые соли (р-цию проводят в безводной среде из-за быстрого гидролиза последних); с хлорангидридами и ангидридами к-т — продукты присоединения, к-рые в присут. триэтиламина превращаются в азетидиноны, напр.:

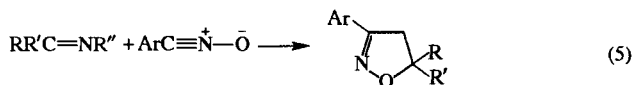
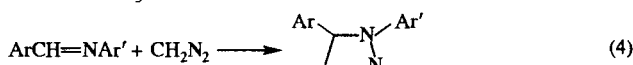
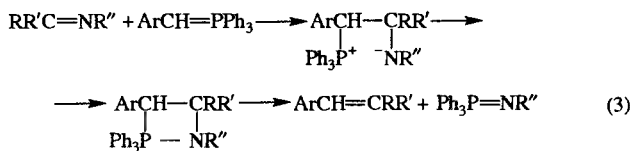
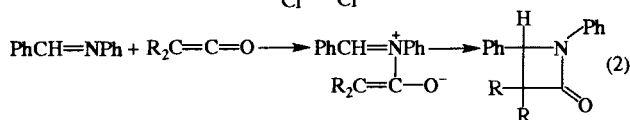
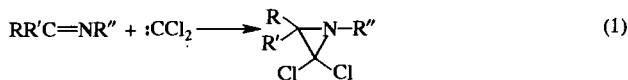


Р-ции с нуклеофилами протекают по атому углерода. В присут. разбавленных к-т Ш. о. гидролизуются до аминов и кетонов; в щелочной среде большинство устойчиво; присоединяют амины (продукты присоединения склонны к переаминированию); с реактивами Гриньяра и литийорг. соед. реагируют аналогично карбонильным соед.; при взаимодействии с HCN и триметилсилилцианидом в условиях *Штреккера реакции* образуются α-аминокислоты:

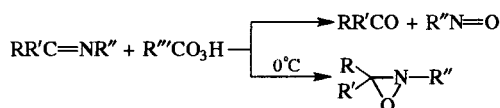


Подобно альдегидам и кетонам Ш. о. вступают в р-ции типа альдольной конденсации с соед., содержащими активную метиленовую группу; эти р-ции лежат в основе *Манниха реакции*, а также ряда р-ций, приводящих к образованию производных хинолина.

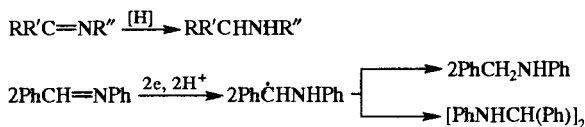
Для Ш. о. характерны р-ции циклоприсоединения с соед., содержащими кратные связи. Так, с карбенами образуются азиридины (р-ция 1), с кетенами – β-лактамы (2), с иламидами фосфора (р-ция протекает по типу р-ции Виттига) – алкены и иминофосфораны (3), с 1,3-диполярными соед. – пятичленные циклоаддукты (4, 5), напр.:



Окисление Ш. о. приводит к карбонильным соед., при низкой т-ре м. б. получены оксазиридины:



Восстанавливаются Ш. о. до соответствующих аминов, при электрохим. восстановлении могут образовываться диамины:

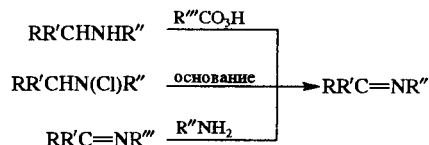


Обычно Ш. о. получают конденсацией первичных аминов с альдегидами и кетонами (оптим. значение pH = 4):



Ш. о., полученные из алифатич. альдегидов и кетонов (напр., CH_2O , CH_3CHO), неустойчивы и легко полимеризуются, полимеризация протекает по типу альдольной конденсации.

Ш. о. могут быть получены также окислением вторичных аминов, р-циями элиминирования из разл. субстратов, напр. N-хлораминов, р-цией переаминирования, напр.:



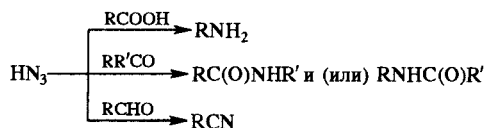
Применяют Ш. о. в орг. синтезе, гл. обр. для получения гетероциклич. соед. и вторичных аминов; для защиты альдегидной группы, напр. при циклизации терпенов; в аналит. химии – для идентификации альдегидов и первичных аминов.

См. также *Имины*, *Иминиевые соли*.

Лит.: Вейганд К., Хильгетат Г., Методы эксперимента в органической химии, пер. с нем., М., 1968; Дженк с В., Катализ в химии и энзимологии, пер. с англ., М., 1972; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 476–547.

Е. Ш. Каган.

ШМИДТА РЕАКЦИЯ, взаимод. карбонильных соед. с азотистоводородной к-той HN_3 в присут. сильных к-т с образованием аминов (из карбоновых к-т), амидов (из кетонов) или нитрилов (из альдегидов):

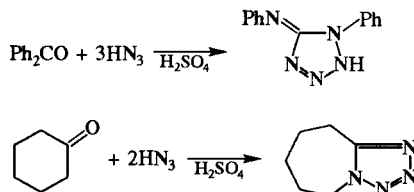


R, R' = Alk, Ar, гетерил

Обычно Ш. р. проводят в среде р-рителя (напр., CHCl_3 , C_6H_6), добавляя NaN_3 или р-р HN_3 к смеси карбонильного соед. с конц. H_2SO_4 (вместо последней иногда используют HCl , CF_3COOH , к-ты Льюиса и др.). Выходы колеблются в очень широких пределах, в случае гладко реагирующих карбоновых к-т и кетонов приближаясь к количественным.

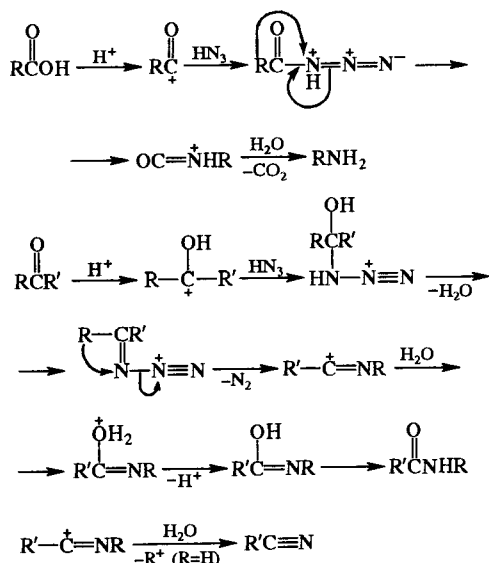
В Ш. р. более активны алифатич. и алициклич. соед., причем альдегиды и кетоны реагируют легче к-т (благодаря этому из кетокислот можно получать продукты р-ции только по кетогруппе). Циклич. кетоны в условиях Ш. р. дают лактамы, алкиларилкетоны – преимущественно N-ариламины. Многие α-замещенные карбоновые к-ты (напр., глицин, α-аланин, гиппуровая, фенилуксусная и др.) в Ш. р. не вступают.

Альдегиды и кетоны в условиях Ш. р. часто образуют в качестве побочных продуктов тетразолы; последние как основной продукт образуются при использовании избытка HN_3 , напр.:



При проведении р-ции с α-галогенкарбоновыми к-тами в заметной степени идут процессы дегидрогалогенирования.

Считается, что Ш. р. протекает через стадию образования протонированного азида, в случае карбоновых к-т образование последнего предшествует стадия ацильного расщепления:



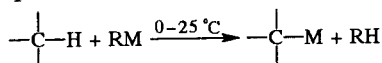
К модификациям Ш. р. относят взаимод. HN_3 с нек-рыми производными карбоновых к-т (напр., ангидриды, хлорангидриды, сложные эфиры дают с низкими выходами амины), хинонами (дают ароматич. амины, иногда азиды или азотсодержащие гетероциклы), HCN , цианидами, оксимами, амид-оксимами, лактамами, хлорангидридами гидроксисоединений к-т, имидохлоридами и имидоэфирами (все дают с хорошими выходами тетразолы). Спирты и алифатич. ненасыщ. соед. дают с HN_3 основания Шиффа.

Недостаток Ш. р.— необходимость (в большинстве случаев) ее осуществления в сильно кислой среде, что может способствовать протеканию побочных процессов. В то же время Ш. р. имеет преимущества в синтезе аминов перед р-цией Курциуса и перегруппировкой Гофмана (см. Гофмана реакция) благодаря простоте эксперимента и часто более высоким выходам конечных продуктов.

Ш. р. используют в препаративной практике, а также при исследовании структуры сложных орг. соед. Р-ция открыта К. Шмидтом в 1923.

Лит.: Вольф Г., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., сб. 3, М., 1951, с. 293–321; Органикум, пер. с нем., т. 2, М., 1979, с. 277–80; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 159–61. Г. И. Дрозд.

ШОРЫГИНА РЕАКЦИЯ, металлизирование орг. соед. алкильными производными щелочных металлов:



Реакц. способность RM убывает в ряду $\text{Na} > \text{K} > \text{Li}$; на практике обычно используют $\text{C}_4\text{H}_9\text{Li}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{Li}$, $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Na}$. Особенно легко в Ш. р. вступают ди- и трифенилметаны, инден, флуорен. Алкилбензолы металлизуются в боковую цепь; заместители OR' , SR' , NR'_2 способствуют металлизированию в орто-положение; при повышении т-ры могут образовываться биметаллич. производные (второй атом M вступает в мета-положение). Гетероциклич. соед. (фуран, тиофен) металлизуются в положение 2.

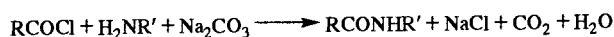
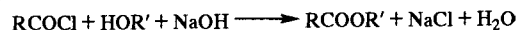
Р-цию обычно начинают при низких т-рах (от 0 до -65°C), затем т-ру постепенно доводят до $20-100^\circ\text{C}$ и выдерживают продукты при перемешивании от 2–4 ч до неск. суток. В качестве р-рителя используют пентан, петролейный эфир, бензол и др. инертные углеводороды. Конечные продукты выделяют в виде карбоновых к-т (для этого реакц. массу насыщают предварительно CO_2). Выходы достигают максимума (80–90%) при металлизировании алкилароматич. и гетероциклич. соед. и нек-рых олефинов. Основные побочные продукты — полиметаллич. производные и продукты р-ции Вюрца.

Считают, что механизм Ш. р. включает нуклеоф. атаку иона R^- или полярной группы R на замещаемый атом водорода.

Ш. р.— один из основных методов синтеза металлогр. соед. щелочных металлов. Открыта П. П. Шорыгиным на примере натрийорг. соединений в 1910.

Лит.: Кочешков К. А., Талалаева Т. В., Синтетические методы в области металлоорганических соединений лития, натрия, калия, рубидия и цезия, М.—Л., 1949; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., М., 1987, т. 2, с. 448.

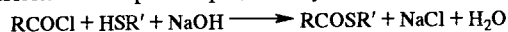
ШОТТЕНА-БАУМАНА РЕАКЦИЯ, ацилирование спиртов или аминов хлорангидридами карбоновых к-т в присут. водного р-ра щелочи или соды (акцепторов образующегося HCl):



В качестве акцепторов HCl применяют также NaHCO_3 , CaO , MgO , CH_3COONa . Ацилирующими агентами обычно являются трудногидролизуемые хлорангидриды ароматич. к-т (напр., бензоилхлорид), а также хлорангидриды высших алифатич. к-т ($\text{C}_{10}-\text{C}_{18}$). При ацилировании спиртов выход сложных эфиров повышается с понижением т-ры р-ции за счет снижения гидролиза хлорангидрида и отчасти эфира. Чтобы избежать местных перегревов, хлорангидрид прибавляют небольшими порциями к р-ру спирта в водной щелочи при эффективном перемешивании. Поскольку реакц. среда должна оставаться слабощелочной до конца р-ции, хлорангидрид и щелочь берут с 20–25%-ным избытком. Эти же правила применимы и для ацилирования аминов. Выходы 60–95%.

Ацилирование легкогидролизующихся хлорангидридами (SOCl_2 , AlkCOCl) проводят в инертных р-рителях (диэтиловый эфир, хлороформ, бензол) в присут. мелкоизмельченного порошка щелочи или соды.

Аналогично спиртам в р-цию вступают тиолы:

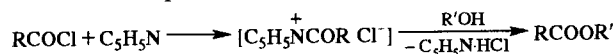


Ш.—Б. р. используют для лаб. и пром. получения разл. сложных эфиров и амидов, напр. бензанилида $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCOC}_6\text{H}_5$, в пром. синтезе ПАВ.

Защиту аминогрупп в аминокислотах при синтезе пептидов также осуществляют в условиях Ш.—Б. р. Р-цию применяют в аналит. практике для идентификации хлорангидридов в виде их ангидридов и аминов в виде бензоильных производных.

Метод впервые применен К. Шоттеном в 1884 для ацилирования аминов и Э. Бауманом в 1886 для ацилирования спиртов.

Модификация Ш.—Б. р.— метод Айнхорна, в к-ром вместо щелочи используют пиридин, служащий одновременно р-рителем и акцептором HCl :



Метод находит широкое применение благодаря мягким условиям синтеза и высокой ацилирующей способности пиридиновой соли. В ряде случаев вместо пиридина используют третичные амины, напр. $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ или $(\text{CH}_3)_2\text{NC}_6\text{H}_5$.

Лит.: Гринштейн Дж., Вниш М., Химия аминокислот и пептидов, пер. с англ., М., 1965; Вейгад К., Хильгетат Г., Методы эксперимента в органической химии, пер. с нем., М., 1969; Вацура К. В., Мищенко Г. Л., Именные реакции в органической химии, М., 1976; Sonntag N. O., «Chem. Revs.», 1953, v. 52, № 2, p. 238–399. С. К. Смирнов.

ШПАТЛЁВКИ (от нем. Spatel — лопаточка) (шпаклёвки), лакокрасочные материалы, предназначенные для выравнивания (шпатлевания) шероховатостей, заделки пазов, выбоин и др. дефектов пов-стей перед окрашиванием. Основа Ш.—синтетич. или прир. пленкообразователи; др. компоненты — наполнители, пигменты и р-рители. По природе пленкообразователя различают Ш.: лаковые (основа — термoplastичные или терморезистивные синтетич. смолы и лаки; табл.), масляные (основа — растит. масла, олифы) и клеевые (прир. клеи); по природе р-рителя — водорастворимые (гл. обр. клеевые) и водонерастворимые. В зависимости от вида основы в состав Ш.

могут также входить пластификаторы, отвердители, ускорители полимеризации, диспергаторы, стабилизаторы, ПАВ и др. добавки. Отвердители вводят в Ш. непосредственно перед их нанесением на пов-сть.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАКОВЫХ ШПАТЛЕВОК

Шпатлевка	Режим сушки (отверждения)		Рекомендуемая толщина высушенного слоя, мкм	Обрабатываемые поверхности
	т-ра, °С	время, ч		
Алкидная (пентафталевая)	20 ± 2	24	400	Загрунтованные металлич. и деревянные
Модифицированная алкидно-стирольная	80 ± 2	1	50	Загрунтованные металлич. и деревянные (исправление мелких дефектов)
Перхлорвиниловая	20 ± 2	2—3	150	Загрунтованные металлич. и деревянные; оштукатуренные фасады зданий
Кремнийорганическая*	210 ± 2	3	300	Стеклотекстолит
Полиэфирная	20 ± 2	1	1,5 мм	Незагрунтованные металлич. и неметаллич.
Эпоксидная**	20 ± 2	24	350	Загрунтованные и незагрунтованные металлич. и неметаллич.
	70 ± 2	7		
Нитроцеллюлозная	20 ± 2	2,5—3	120—150	Загрунтованные металлич. и деревянные
Мочевинно-формальдегидная (карбамидо-формальдегидная)	100 ± 5	0,5	100	Незагрунтованные древесноволокнистые плиты

*Наносят только пневмораспылением. **Вводят отвердитель перед нанесением на пов-сть.

В качестве наполнителей в Ш. используют мел, тальк, каолин, барит, асбест и др., в качестве пигментов — цинковые, титановые и свинцовые белила, литопон, охра, сурик, сажу, оксиды Cr и Fe, орг. пигменты и др. (см. *Пигменты*). От грунтовок и красок Ш. отличаются большим содержанием сухого в-ва (до 80% по массе) и высоким соотношением кол-ва наполнителей и пигментов к пленкообразователю (обычно от 5:1 до 12:1).

Получают Ш. диспергированием (перетиром) наполнителей и пигментов в р-ре соответствующего пленкообразователя. Наносят Ш. на пов-сть обычно по грунтовым слоям (см. *Грунтовки*), т. к. из-за меньшего содержания пленкообразователя они обладают слабыми адгезионными св-вами. Нек-рые Ш., напр. на основе эпоксидных и алкидных смол или кремнийорг. лаков, обладают достаточно высокой адгезией к металлу и м. б. нанесены непосредственно на незагрунтованную пов-сть; их наз. грунт-шпатлевками.

Различают местное и сплошное шпатлевание. Ш. в виде паст наносят на пов-сть шпателем (деревянным, металлич., пластмассовым или резиновым). Часто готовую к употреблению Ш. разбавляют р-рителем и наносят наливом или распыляют при помощи краскораспылителя. Толщина покрытий, образующихся при нанесении Ш. (ок. 400 мкм), значительно больше, чем при нанесении лаков и красок, поэтому при работе часто применяют спец. трафаретное устройство, обеспечивающее определенную толщину покрытия. Превышение рекомендуемой толщины приводит к растрескиванию покрытий, что связано с усадкой Ш. при высыхании.

Ш. должны образовывать ровный слой, не содержащий посторонних включений, царапин и видимых дефектов, для чего их обычно наносят в неск. приемов с промежут. сушкой. Сушку или отверждение осуществляют при комнатной или повышенной т-ре, причем всегда первая стадия сушки — осторожное испарение р-рителя при комнатной т-ре. Перед нанесением окрасочных слоев шпатлевочный слой подвергают сухому или мокрому шлифованию.

Применяют Ш. в машиностроении, стр-ве и быту.

Лит.: Рейбман А. И., Защитные лакокрасочные покрытия, 5 изд., Л., 1982; Лявщиц М. Л., Пшялковский Б. И., Лакокрасочные материалы, М., 1982; Ермилов П. И., Индейкин Е. А., Толмачев И. А., Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы, Л., 1987.

Н. Б. Гурова.

ШПИНЕЛИ (от нем. Spinell, уменьшит. от лат. spina — шип, терновник: по форме кристаллов), минералы класса сложных оксидов общей ф-лы AM_2O_4 , где А — Mg^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ; М — Al^{3+} , Mn^{3+} , Fe^{3+} , V^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{4+} . Ш. — системы твердых р-ров с широким изоморфизмом катионов А и М; в пределах каждого изоморфного ряда смесимость минералов полная, между членами разл. рядов ограниченная. В зависимости от содержания преобладающего катиона М различают группы: алюмошпинели, ферришпинели, хромошпинели, титаношпинели, ванадиошпинели (табл.).

СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ ШПИНЕЛЕЙ

Минеральный вид	Формула	Параметр кристаллич. решетки, нм	Плотн., г/см ³	n_D	Расположение катионов
Алюмошпинели					
Шпинель	$MgAl_2O_4$	0,8084	3,55	1,719	Н
Ганнит	$ZnAl_2O_4$	0,8107	4,62	1,805	Н
Галаксит	$(Mn, Fe)Al_2O_4$	0,8181	4,04	1,920	Н
Герцинит	$FeAl_2O_4$	0,8153	4,40	1,835	Н
Ферришпинели					
Магнезиоферрит	$MgFe_2O_4$	0,8391	4,52	2,38	ОБ
Франклинит	$(Zn, Mn)Fe_2O_4$	0,8420	4,34	2,36	Н
Якобит	$MnFe_2O_4$	0,8510	4,87	2,3	ОБ
Магнетит	$FeFe_2O_4$	0,8397	5,20	2,42	ОБ
Треворит	$NiFe_2O_4$	0,8430	5,20	2,3	ОБ
Хромошпинели					
Хромит	$FeCr_2O_4$	0,8381	5,09	2,16	Н
Магнохромит	$(Mg, Fe)Cr_2O_4$	0,8307	4,43	2,00	Н
Хромпикотит	$(Mg, Fe)(Cr, Al)_2O_4$	0,8232	4,13	1,892	Н
Титаношпинели					
Ульвешпинель	Fe_2TiO_4	0,8530	4,78	—	ОБ
Ванадиошпинели					
Кульсонит	FeV_2O_4	0,8297	5,15	—	Н

Ш. кристаллизуются в кубич. сингонии, образуя гл. обр. октаэдрич. кристаллы. Элементарная ячейка включает 32 аниона О, к-рые образуют плотнейшую кубич. упаковку с 64 тетраэдрич. (катионы занимают 8) и 32 октаэдрич. (занимают 16) пустотами. По характеру распределения катионов в тетраэдрич. позициях выделяют Ш.: нормальные (Н; 8 тетраэдров занято катионами A^{2+} , 16 октаэдров — катионами M^{3+}); обращенные (ОБ; 8 тетраэдров занято M^{3+} , 16 октаэдров — $8A^{2+}$ и $8M^{3+}$, причем катионы A^{2+} и M^{3+} в октаэдрич. пустотах могут распределяться как статистически, так и упорядоченно); промежуточные.

Цвет Ш. определяется степенью окисления основных катионов и наличием примесей. По окраске и составу выделяют разновидности: благородная Ш. (баль-рубин, или рубицелл) — рубиново- и огненно-красная до сиренево-розовой (хромфор Cr^{3+}); сапфировая Ш. — голубая до синей (до 3,5% FeO); хромошпинель — травяно- и оливково-зеленая (Fe^{3+}); плеонаст, или цейлонит, — непрозрачная черно-зеленая до черной (до 15% FeO); цинкодержащая ганношпинель — голубовато-зеленая, темно-синяя, фиолетовая; пикотит — высокохромистая Ш., непрозрачная черно-зеленая до черной; примеси хромофоров обуславливают также оранжевую, красновато-бурую и коричневую окраски.

Все минералы отличаются высокой твердостью (5–8 по минералогич. шкале), термич. и хим. стойкостью. Большинство Ш. раств. в конц. к-тах и все раств. в р-рах $KHSO_4$ и

Лит.: Фосфорсоединения, К., 1965, с. 204-07; Trippett S., «Quart. Rev.», 1963, v. 17, № 3, p. 406-40; Appel P., Siegmund G., «Z. anorg. allg. Chem.», 1968, Bd 363, S. 183-90.

2) Получение иминофосфоранов действием азидов на третиные фосфины:



R = Alk, Ar; R' = H, Alk, Ar, Ac, глюкозил и др.

Алифатич. азиды менее активны, чем ароматич. и ацилазиды; в целом скорость р-ции возрастает с увеличением электроотрицательности R'. В арилазидах электронодонорные заместители в *пара*-положении замедляют, а электроноакцепторные — ускоряют р-цию [напр., *n*-(CH₃)₂NC₆H₄N₃ реагирует с Ph₃P в 23 раза медленнее, чем *n*-O₂NC₆H₄N₃]; триалкилфосфины и фосфины ф-лы Alk₃PAg_{3-n} (n = 1, 2) активнее реагируют с азидом, чем Ag₃P. В р-ции фосфинов с CF₃N₃ образующиеся иминофосфораны R₃P=NCF₃ быстро превращаются в дифторфосфораны R₃PF₂.

Обычно р-цию проводят в орг. р-рителе (напр., диэтиловом эфире, бензоле) при 0–50 °C. Окончание р-ции фиксируют по прекращению выделения N₂. Выходы высокие (во мн. случаях близки к количественному).

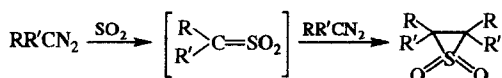
Установлено, что Ш. р. протекает с промежут. образованием продукта присоединения азиды к фосфину (в ряде случаев такие аддукты удается выделить). Причем вначале образуются продукты, имеющие строение R₃P=NN=NR' или R₃P=N=N-NR'.

В р-цию, подобную Ш. р., с азидом вступают также фосфиты (RO)₃P, фосфониты RP(OR)₂, хлорфосфины R₂PCl и нек-рые др. соед. трехкоордина. атома Р. Однако PH₃, PCl₃, PhPCl₂ в обычных условиях с органическими азидом не реагируют.

Р-цию используют в лаб. практике, открыта Г. Штаудингером и И. Мейером в 1919.

Лит.: Фосфорсоединения, К., 1965, с. 100, 177-79; Leffler J., Temple R., «J. Amer. Chem. Soc.», 1967, v. 89, p. 5235-46.

3) Получение эписульфонов (тираноксидов) действием SO₂ на алифатич. диазосоединения (наз. также р-цией Штаудингера-Пфеннингера):

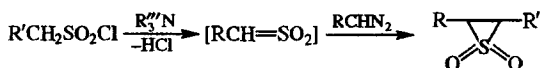


R=H, Alk, Ph; R'=H, CH₃, Ph, *n*-BrC₆H₄, *n*-CH₃OC₆H₄

В р-ции образуется смесь *цис*- и *транс*-изомеров, причем кол-во *цис*-изомера увеличивается с ростом полярности р-рителя.

Р-цию проводят в среде диэтилового эфира, гексана или CS₂ при охлаждении (до –40 °C). Выходы составляют 25–80%. Осн. побочные продукты — кетазины или 1,3,4-тиадиазолидиндиоксиды; возможно также образование олефинов в результате отщепления SO₂ от эписульфона при повышенных т-рах.

Несимметричные эписульфоны получают взаимод. диазоалканов с сульфохлоридами в присут. оснований:



Считают, что в обеих р-циях на промежут. стадии образуется высокореакционноспособный сульфен >C=SO₂, к-рый связывается с диазоалканом с отщеплением N₂.

Р-цию используют в лаб. практике, открыта Г. Штаудингером и Ф. Пфеннингером в 1916.

Лит.: Inhoffen H. [u.a.], «Annalen», 1966, № 694, S. 19-30; Fischer N., «Synthesis», 1970, № 8, p. 393-404.

ШТИГЛИЦА РЕАКЦИЯ (перегруппировка Штиглица), превращение триарилметилгидроксиламинов в анилы (ими-

ны, у к-рых с атомом N связан Ar) под действием пентахлорида фосфора

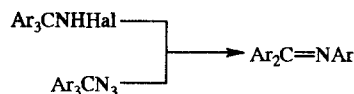


Гидроксиламины могут содержать в качестве заместителей в ароматич. ядре Alk, Alk₂N, AlkO, Hal и NO₂. Электронодонорные заместители облегчают Ш. р. Способность арила к миграции уменьшается в ряду: R₂NC₆H₄ > ROC₆H₄ > RC₆H₄ > O₂NC₆H₄ (заместители в *пара*-положении).

Обычно смесь гидроксиламина и PCl₅ в инертном орг. р-рителе (напр., эфире или бензоле) выдерживают 1–2 ч при комнатной т-ре и затем ок. 1 ч при кипячении. Выходы, как правило, высокие.

Механизм Ш. р. не изучен. Предполагают, что на начальной стадии образуется эфир Ar(Ar')₂CNHOPCl₄, к-рый в результате синхронных процессов миграции связей и выброса уходящей группы (возможно, HOPCl₄) дает в итоге анил, POCl₃ и HCl.

Аналогичную перегруппировку претерпевают тритил-N-галогенамины под действием оснований, а также тритилазиды при нагр. (механизм последней р-ции сходен с механизмом перегруппировки Курциуса; см. Курциуса реакция):

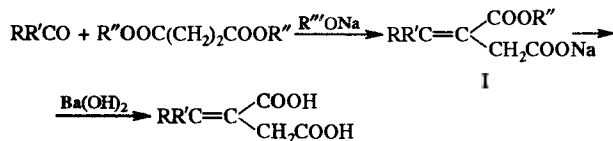


Иногда эти две р-ции также наз. Ш. р.

Ш. р. используют в препаративной практике, открыта И. Штиглицом в 1913.

Лит.: Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 163-64; Mayo P. (ed.), Molecular rearrangement, N. Y.-L., 1963, p. 479; Kovacic P. [a.o.], «Chem. Rev.», 1970, v. 70, № 6, p. 664.

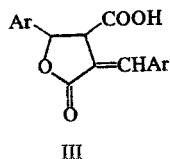
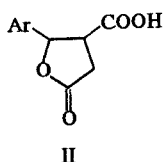
ШТОББЕ КОНДЕНСАЦИЯ, взаимод. альдегидов или кетонов с эфирами янтарной к-ты (сукцинатами) в присут. оснований с образованием алкилиденянтарных к-т:



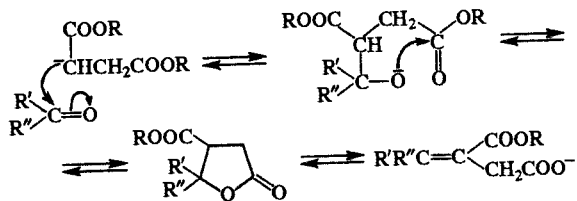
В р-цию вступают алифатич. и ароматич. альдегиды и кетоны, алициклич. кетоны, α,β-ненасыщ.-альдегиды, дикетоны, кетозефиры. В качестве конденсир. ср-в обычно применяют C₂H₅ONa, *трет*-C₄H₉OK и NaNH, реже — CH₃ONa, C₂H₅OK, Na, Ph₃CNa.

Обычно смесь кетона или альдегида, диалкилсукцината и алкоголята Na в эфире выдерживают неск. суток при т-ре от –15 до 25 °C и кратковременно нагревают смесь до кипения (иногда с целью сокращения времени проведения р-ции и снижения выхода побочных продуктов, в качестве р-рителя используют спирт, напр. этиловый, и нагревание смеси начинают сразу после ее приготовления). Продукты р-ции гидролизуют, затем подкисляют и выделяют моноэфир алкилиденянтарной к-ты (ф-ла I). Для омыления второй эфирной группы моноэфир обрабатывают Ba(OH)₂ или NaOH. Выходы обычно составляют 40–90%; как правило, лучшие результаты удается достичь при использовании диметилсукцината и *трет*-бутилата Na в *трет*-C₄H₉OH.

Осн. побочные процессы — восстановление кетонов в спирты, *Клайзена конденсация*, *Канницаро реакция*, альдольная конденсация, образование (преимущественно в мягких условиях) диалкилиденянтарных (фульгеновых) к-т. Ароматич. альдегиды ArCHO иногда дают значит. кол-ва производных параконовой к-ты (ф-лы II и III). Кетоны, имеющие один и более атомов H при α-атоме C обычно на первой стадии Ш.к. дают алкилиденянтарные эфиры R'CH=C(R)CH(COOC₂H₅)CH₂COOH.



Механизм р-ции включает взаимод. диалкилсукцината с анионом RO^- с образованием соответствующего карбаниона. Последний атакует атом С карбонильной группы альдегида или кетона с образованием нового аниона, стабилизирующегося в результате образования циклич. структуры лактона (его можно выделить), к-рый подвергается гидролизу:



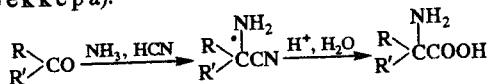
В конденсацию, аналогичную III.к., вступает также ди-трет-бутиловый эфир глутаровой к-ты. Соответствующие бензильденные производные образуются при конденсации $PhCHO$ с эфирами β -бензоилпропионовой, 1,2,3-пропантрикарбоновой (трикарбаллиловой), β -(3,4-диметоксибензил)-пропионовой (к-вератроилпропионовой) и тиодигликолевой к-т.

III.к. используют в синтезе ненасыщ. и насыщ. (продукты гидрирования первых) замещенных производных янтарной к-ты (лактонов, инданонов, тетраолонов, полициклич. ароматич. соед., родственных стероидам).

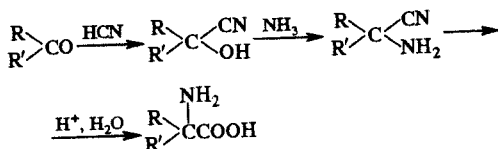
Р-ция открыта Г. Штреббе в 1893.

Лит.: Джонсон У., Доб Г., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., сб. 6, М., 1953, с. 7; Martelli J. [а.о.], «Tetrahedron», 1974, № 17, р. 3063. Г. И. Дрозд.

ШТРЕККЕРА РЕАКЦИИ, 1) получение α -аминокислот из альдегидов или кетонов действием NH_3 и HCN с послед. гидролизом образующихся α -аминонитрилов (т. наз. синтез Штреккера):



В р-цию вступают алифатич., алициклич. и ароматич. альдегиды и кетоны. Если вместо NH_3 использовать первичные или вторичные амины, то образуются N-замещенные α -аминокислоты. III. р. осуществляют последоват. смешением исходных реагентов (к карбонильному соед. добавляют NH_3 , а затем HCN – классич. вариант III. р.), введением всех трех реагентов в р-цию одновременно или превращением карбонильного соед. на первой стадии в циангидрин; иногда последний вариант наз. модификацией Тимана;

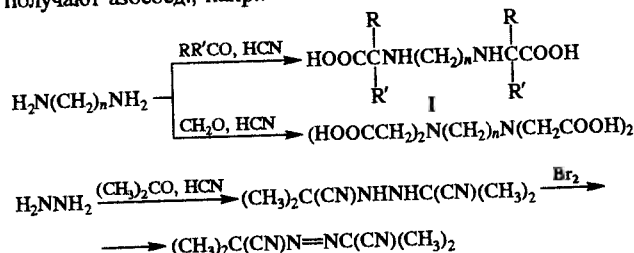


Вместо HCN используют также $NaCN$ в фосфатном буферном р-ре, $(CH_3)_3SiCN$ в присут. катализаторов ($AlCl_3$, ZnI_2), смесь MCN ($M = Na, K$) с NH_4Cl (Зелинского–Стадникава реакция).

Карбонильные соед. могут вводиться в III. р. в виде бисульфитного производного; в нек-рых случаях α -диалкиламинитрилы можно получать с высоким выходом действием HCN или водного р-ра $NaCN$ на соли иминов.

Получение α -аминонитрила обычно ведут при умеренной т-ре (20–50 °C) в р-рителе [в случае использования HCN или $(CH_3)_3SiCN$ – в диэтиловом эфире или бензоле; при применении др. цианидов – в воде]. Нагреванием с соляной к-той α -аминонитрил превращается в α -аминокислоту. Выходы достигают 70–80%. Осн. побочные продукты – олигомеры.

Из алкилдиаминов в условиях III. р. образуются соед. ф-лы I или алкилдиаминотетрауксусные к-ты, из гидразина получают азосоед., напр.:

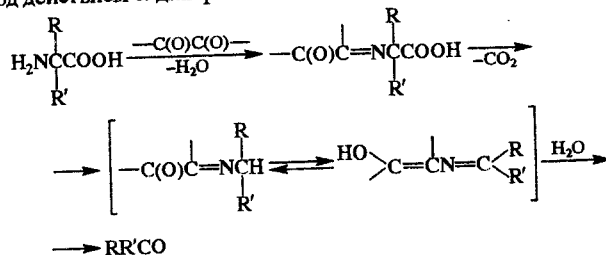


Предполагают, что в III. р. на промежут. стадии образуются азометины, присоединение к к-рым HCN приводит к α -аминонитрилам.

III. р. используют в пром-сти и лаб. практике для получения метионина, аланина, валина и др. Р-ция открыта А. Штреккером в 1850.

Лит.: Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1987, с. 410–11.

2) Превращение α -аминокислот в альдегиды или кетоны под действием α -дикарбонильных соед. (в т. ч. циклических):



Образующиеся альдегид или кетон содержат на один атом С меньше, чем исходная α -аминокислота.

Р-цию проводят в р-рителе (напр., в водном глицерине) при умеренном нагревании или без р-рителя при 180–220 °C. Выходы альдегидов или кетонов ок. 60%.

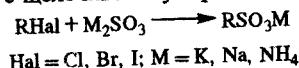
Осн. побочный процесс – олигоконденсация карбонильных и аминосоединений.

α -Аминокислоты м.б. также превращены в альдегиды или кетоны под действием окислителей (O_3 , H_2O_2 , Ag_2O , персульфатов, N-бромсукцинимид, надкислот и др.).

III. р. используют в лаб. практике, она открыта А. Штреккером в 1862.

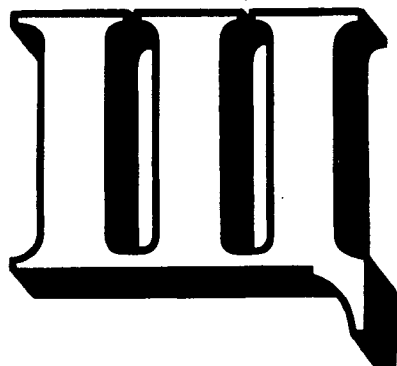
Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983, с. 243–44.

3) Получение солей алифатич. сульфокислот взаимод. алкилгалогенидов с щелочными сульфитами



В р-цию вступают первичные и вторичные алкилгалогениды, галогензамещ. к-ты, спирты и кетоны; третичные алкилгалогениды дают в осн. олефины. Наиб. легко реагируют первичные алкилиодиды и алкилбромиды. Р-цию проводят в р-рителе (напр., H_2O , CH_3OH) при нагр. Выходы первичных алкилсульфокислот 70–90%, вторичных – 20–25%. Осн. побочные продукты – олефины и продукты их дальнейших превращений. Р-ция открыта в 1868.

Лит.: Джилберт Э., Сульфирование органических соединений, пер. с англ., М., 1969, с. 129–36. Г. И. Дрозд.



ЩАВЕЛЕВАЯ КИСЛОТА (этандиовая к-та) $\text{HOOC}-\text{COOH}$, мол. м. 90,04; бесцв. гигроскопичные кристаллы; существует в двух модификациях: α -форма, решетка ромбич. бипирамидальная ($a = 0,646$ нм, $b = 0,779$ нм, $c = 0,602$ нм, $z = 4$; пространств. группа $Pbca$); β -форма, решетка моноклинная ($a = 0,530$ нм, $b = 0,609$ нм, $c = 0,551$ нм; $\beta = 115,5^\circ$; $z = 2$; пространств. группа $P2_1/c$); т. пл. $189,5^\circ\text{C}$; возгоняется при 125°C ; μ $0,1 \cdot 10^{-30}$ Кл·м (диоксан); S_p^0 108,8 Дж/(моль·град); $\Delta H_{\text{воз}}$ 90,58 кДж/моль; $\Delta H_{\text{гор}}^0$ -251,4 кДж/моль; $\Delta H_{\text{обр}}^0$ -817,38 кДж/моль; K_1 $5,36 \cdot 10^{-2}$, K_2 $5,42 \cdot 10^{-5}$ (вода, 25°C). Р-римость (г в 100 мл р-рителя): вода 6,6 (ΔH растворения -9,58 кДж/моль), этанол 33,7, диэтиловый эфир 16,9. Образует дигидрат, бесцв. моноклинные кристаллы (параметры решетки: $a = 0,612$ нм, $b = 0,361$ нм, $c = 1,203$ нм; $\beta = 106,2^\circ$; $z = 2$; пространств. группа $P2_1/n$), т. пл. $101,5^\circ\text{C}$; плотн. $1,653$ г/см³; р-римость (г в 100 мл р-рителя): вода 9,5 (15°C), 120 (90°C), этанол 23,7 (15°C), диэтиловый эфир 1,37 (20°C); не раств. в хлороформе, петролейном эфире и бензоле.

Щ. к. обладает хим. св-вами, характерными для карбоновых кислот, образуя два ряда производных. Соли и эфиры Щ. к. наз. оксалатами. Известны молекулярные соед. Щ. к. с кислотными оксалатами, напр. т. наз. кислотная соль $\text{KHC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, и комплексные соед. оксалатов с переходными металлами, напр. $\text{K}_2[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]$. Щ. к. образует кислые и средние эфиры, амиды, хлорангидрид, нитрил – циан (табл.).

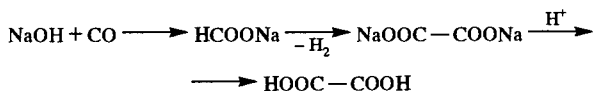
СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЩАВЕЛЕВОЙ КИСЛОТЫ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., $^\circ\text{C}$	Т. кип., $^\circ\text{C}$	d_4^{20}	n_D^{20}
Диметилоксалат (COOCH_3) ₂	118,088	54	163,5	1,148 ^a	—
Диэтилоксалат (COOC_2H_5) ₂	146,14	-40,6	185,4	1,0785	1,4104
Дибутилоксалат (COOC_4H_9) ₂	202,24	-29,6	245,5	0,9873	1,424
Оксалилхлорид (COCl) ₂	126,93	-12	64	1,43	1,434 ^b
Оксамид (CONH_2) ₂	88,072	419	—	—	—
Циан (дициан) (CN) ₂	52,035	-27,83	-21,15	0,9577 ^c	—

^aПри 54°C , ^bпри $12,9^\circ\text{C}$, ^cпри $-26,89^\circ\text{C}$.

Щ. к. содержится в щавеле в виде оксалата калия.

В пром-сти Щ. к. получают окислением углеводов, спиртов или гликолей смесью HNO_3 и H_2SO_4 в присут. V_2O_5 , либо окислением этилена или ацетиленов HNO_3 в присут. PdCl_2 или $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$, а также окислением пропиленов жидкой NO_2 . Перспективен способ получения Щ. к. из CO через форматы Na :



Щ. к. и ее соли применяют в текстильной и кожевенной пром-сти в качестве протравы, как компонент анодных ванн для осаждения пленок Al , Ti и Sn , как реагент в аналит. и орг. химии, компонент составов для очистки металлов от ржавчины и оксидов, для осаждения РЗЭ. Оксамид – стабилизатор нитратов целлюлозы, циан – реагент в орг. синтезе, оксалилхлорид – хлорирующий (для замены OH на Cl), хлоркарбонилирующий и сшивающий агент в орг. синтезе. Диалкилоксалаты, гл. обр. диэтилоксалат и дибутилоксалат, применяют в качестве р-рителей целлюлозы и нитроцеллюлозы, нек-рые эфиры Щ. к. и замещенных фенолов – в качестве хемилюминесцентных реагентов.

Щ. к. и ее соли токсичны, ПДК в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,2 мг/л.

Лит.: Фрейдлин Г.Н., Аليفатические дикарбоновые кислоты, М., 1978; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 16, N. Y., 1981, p. 618–36.

С. К. Смирнов, О. А. Антонкина.

ЩЕЛОЧИ, растворимые в воде сильные основания, создающие в водном р-ре большую концентрацию ионов OH^- . Обычно к Щ. относят гидроксиды щелочных и щел.-зем. металлов. Бесцв. кристаллы. Гидроксиды щелочных металлов – едкие щелочи – хорошо раств. в воде (хуже – LiOH), гидроксиды щел.-зем. металлов – плохо. Сила оснований и р-римость в воде в каждой группе периодич. системы возрастают сверху вниз с увеличением радиуса катиона. Едкие Щ. раств. также в этаноле и метаноле. Едкие Щ. (за исключением LiOH) термически устойчивы до t -ры выше 1000°C , гидроксиды щел.-зем. металлов и LiOH разлагаются при более низких t -рах.

Щ. жадно поглощают из воздуха воду, CO_2 , SO_2 , H_2S и NO_2 . Если не принимать мер предосторожности, они всегда будут содержать кристаллизационную воду, примесь карбоната, сульфата, сульфида, нитрата и нитрита. Для обезвреживания Щ. нагревают в атмосфере, свободной от CO_2 , едкие Щ. освобождают от примеси карбоната перекристаллизацией из этанола. Водные р-ры едких Щ. разрушают стекло, расплавляют фарфор и платину. Плавают едкие Щ. в сосудах из серебра, никеля или железа, хранят в полиэтиленовых сосудах. Р-ры едких Щ. нельзя долго хранить в стеклянных сосудах с прилифованными стеклянными пробками и кранами, к-рые прилипают к шлифу вследствие взаимод. Щ. со стеклом.

Получают: едкие Щ. – электролизом хлоридов щелочных металлов, обменными р-циями между солями щелочных металлов и гидроксидами щел.-зем. металлов; действием воды на оксиды щел.-зем. металлов. Определяют Щ. с помощью кислотно-основных индикаторов.

Твердые Щ. и их конц. р-ры разрушают живые ткани, особенно опасно попадание частиц твердой Щ. в глаза.

К Щ. иногда относят соли сильных оснований и слабых к-т, водные р-ры к-рых имеют щелочную р-цию, напр. гидросульфиды NaSH и KSH , карбонаты Na_2CO_3 , а также TiOH , аммиачную воду.

См. также Бария гидроксид, Калия гидроксид, Кальция гидроксид, Натрия гидроксид и др.

Лит.: Степин Б.Д., Цветков А.А., Неорганическая химия, М., 1994. С. И. Дракин.

ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ: кальций Ca , стронций Sr , барий Ba , радий Ra ; металлы. Название сохранилось со времен алхимиков, оксиды Щ. э. по хим. св-вам напоминают оксиды щелочных металлов и «землю» – оксид Al , входящий в состав глины. Щ. э. имеют серебристый металлический блеск, кристаллизуются в кубич. решетке, для Ca , Sr и Ba характерен полиморфизм. На воздухе Щ. э. покрываются голубовато-серой пленкой, содержащей MO , MCO_3 и отчасти MO_2 и M_3N_2 , где M – Щ. э. T -ры плавления Ca , Sr , Ba и Ra равны соотв. 842 ± 3 , 768 ± 3 , 727 ± 3 и 969°C . Окисление Щ. э. на воздухе может сопровождаться воспламенением, Ba загорается уже при резке и раздавливании, поэтому Щ. э. хранят под слоем обезвоженного керосина. Все они ковкие, пластичные и путем давления и резания м. б. превращены в прут-

ки, листы, проволоку. Радий радиоактивен ($T_{1/2}$ 1600 лет); подвергаясь α -распаду, он превращается в радон.

По реакц. способности Щ.э. близки к щелочным, их стандартные электродные потенциалы для полур-ции $M^{2+} + 2e^- = M$ равны $-2,864$ (Ca), $-2,888$ (Sr), $-2,905$ (Ba) и $-2,916$ В (Ra). Поэтому все они – сильные восстановители, быстро реагируют с водой, превращаясь в $M(OH)_2$ с выделением H_2 , а с разб. к-тами дают соли и H_2 . Медленно реагируют с конц. HNO_3 и H_2SO_4 , образуя нитраты с выделением NO_2 и сульфаты с выделением SO_2 и H_2 .

Щ.э. раств. в жидком NH_3 , образуя р-ры, обладающие металлич. проводимостью. При испарении из них NH_3 при низких т-рах выделяются кристаллич. комплексы $[M(NH_3)_6]^{+0}$ с металлич. блеском (похожи на бронзу), обладающие электронной проводимостью.

Щ.э. горят в O_2 , давая оксиды MO, с H_2O_2 образуют белые твердые пероксиды MO_2 , а Ba превращается в пероксид уже на воздухе при нагр. до $400^\circ C$. Получены желтые кристаллич. надпероксиды $M(O_2)_2$. С галогенами Щ.э. дают бесцв. кристаллич. галогениды, с H_2 при нагр. – бесцв., твердые, нелетучие гидриды MH_2 . В среде N_2 при $250-450^\circ C$ превращаются в бесцв. тугоплавкие нитриды M_3N_2 , при нагр. с В, С, Р – соотв. в черные кристаллич. бориды MB_6 , бесцв. твердые ацетилениды MC_2 , красно-бурые фосфиды M_3P_2 . Стехиометрич. смеси Щ.э. с S при нагр. образуют бесцв. кристаллич. сульфиды MS. С газообразным NH_3 при $-10^\circ C$ или с жидким NH_3 Щ.э. дают аммиакаты $[M(NH_3)_6]$, в среде CO_2 , особенно выше $100^\circ C$, – смеси MO и MC_2 . Щ.э. образуют сплавы со мн. металлами (Al, Cu, Cd, Mg, Pb и т. д.), с Hg – амальгамы.

Растворимые в воде соли Щ.э. – ацетаты, галогениды (кроме фторидов), нитраты, тетраоксохлораты(VII), сульфиды, тиоцианаты и цианиды; нерастворимые – карбонаты, сульфаты, фосфаты, хроматы. Летучие соли Щ.э. окрашивают пламя газовой горелки в оранжево-красный (Ca), карминово-красный (Sr), желтовато-зеленый (Ba) цвета.

Щ.э. получают восстановлением оксидов алюминием в вакууме выше $1200^\circ C$, Ca – также электролизом расплава $CaCl_2$.

Иногда к Щ.э. относят также Be и Mg.

Лит.: Степин Б. Д., Цветков А. А., Неорганическая химия, М., 1994.

Б. Д. Степин.

ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ: литий Li, натрий Na, калий K, рубидий Rb, цезий Cs, франций Fr. Щ.м., кроме Cs, имеют серебристый металлич. блеск, Cs – золотисто-желтую окраску. Все Щ.м. очень мягки, легко режутся (кроме Li), Rb, Cs и Fr при обычной т-ре почти пастообразны. Наиб. твердый из них Li мягче талька (твердость талька принята за единицу по шкале Мооса). Щ.м. кристаллизуются в кубич. объемноцентрир. решетке с пространств. группой $Im\bar{3}m$, $z = 2$. Т-ры плавления Щ.м. уменьшаются от Li к Cs: $180,54^\circ C$ (Li), $97,86^\circ C$ (Na), $63,51^\circ C$ (K), $39,32^\circ C$ (Rb), $28,44^\circ C$ (Cs). Щ.м. очень легкие, самый легкий среди всех известных металлов – Li, он плавает в керосине, а Na и K легче воды.

Сильно электроположит. характер и высокая хим. активность Щ.м. обусловлены небольшой затратой энергии на отрыв от атомов этих металлов одного s-электрона. Первые потенциалы ионизации (эВ): 5,39178 (Li), 5,13915 (Na), 4,34070 (K), 4,17719 (Rb), 3,89397 (Cs). Щ.м. – сильные восстановители. Значения их стандартных электродных потенциалов (В) для полур-ции $M^+ + e^- = M$: $-3,045$ (Li), $-2,711$ (Na), $-2,924$ (K), $-2,925$ (Rb), $-2,923$ (Cs). Литий стоит первым в электрохим. ряду напряжений металлов.

Характерное св-во атомов Щ.м. – легкость возбуждения у них светового излучения. Оптич. спектры Щ.м. просты и содержат очень яркие линии (нм): 610,36 и 670,78 (Li), 589,59 и 588,99 (Na), 766,49 (K), 794,76 и 780,02 (Rb), 894,5 и 852,11 (Cs). Интенсивность линий 852,11, 780,02, 766,49 и 588,99 в атомных спектрах – наиб. среди всех элементов периодич. системы. Летучие соли Li окрашивают пламя газовой горелки в карминово-красный цвет, K – в розово-фиолетовый, а Na – в желтый, пары Rb окрашены в зеленовато-синий цвет, пары Cs – в сине-зеленый.

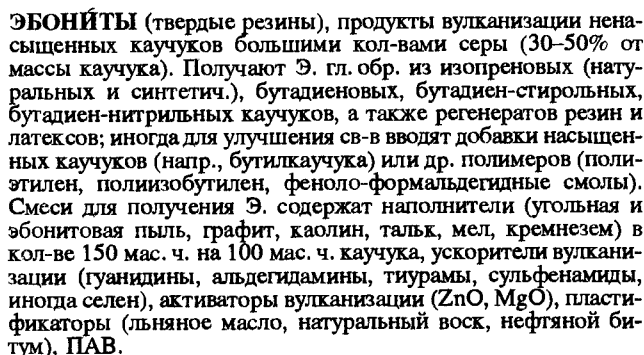
На воздухе все Щ.м. быстро покрываются темно-серым налетом, состоящим из оксидов, только у Li появляется зеленовато-черная пленка нитрида Li_3N . Склонность к окислению на воздухе возрастает от Li к Fr, причем Rb, Cs и Fr окисляются уже с воспламенением. Поэтому Щ.м. хранят под слоем обезвоженного парафинового или вазелинового масла. С водой Щ.м. реагируют бурно с образованием щелочей (откуда название) и выделением H_2 , при этом Rb и Cs взаимод. даже со льдом при $-100^\circ C$. С метанолом и этанолом Щ.м. дают алкоголяты и H_2 .

Кислород окисляет все Щ.м., но если Li превращается только в Li_2O , то остальные Щ.м. – в смеси, в основном M_2O_2 и MO_2 , при этом Rb и Cs вспыхивают. С N_2 реагирует в обычных условиях только Li, превращающийся в нитрид, для остальных Щ.м. нитриды неизвестны. Щ.м. растворяются в жидком аммиаке, некоторых алкиламинах и полиэфирах с образованием синих растворов, обладающих электронной проводимостью (см. *Сольватированный электрон*). При хранении синие аммиачные растворы обесцвечиваются в результате медленно протекающей реакции: $2M + 2NH_3 \rightarrow 2MNH_2 + H_2$. Растворы Щ.м. в жидком аммиаке взаимодействуют с ацетиленом с образованием ацетиленидов M_2C_2 . При нагревании K, Rb и Cs с графитом получают C_8M_x , $C_{24}M_x$, $C_{36}M_x$ и другие нестехиометрические соединения в виде медно-красных порошков, самовоспламеняющихся на воздухе и разлагающихся водой с выделением H_2 . Щ.м. энергично взаимод. с галогенами с образованием галогенидов. При нагревании с S Щ.м. дают сульфиды, с H_2 – гидриды, с P – фосфиды. Большинство солей Щ.м. хорошо растворимо в воде, малорастворимы – фторид, фосфат и карбонат лития, а также $MClO_4$, $MMnO_4$, $MReO_4$, где $M = Rb$ и Cs .

Основной метод получения Щ.м. – термическое восстановление хлоридов и бромидов магнием, кальцием, кремнием и другими восстановителями в вакууме при $600-800^\circ C$. Выделенные металлы очищают от примесей ректификацией или вакуумной дистилляцией.

Лит.: Плюшев В. Е., Степин Б. Д., Химия и технология лития, рубидия и цезия, М., 1970; Натрий, М., 1986; Степин Б. Д., Цветков А. А., Неорганическая химия, М., 1994.

Б. Д. Степин.



Плотн. ρ , 1,15–1,68 г/см³; проявляют высокоэластич. св-ва выше 55 °С; превосходят обычные резины по мех. прочности (модуль Юнга 2–3 ГПа, $\sigma_{\text{разр.}}$ 50–70 МПа) и диэлектрич. св-вам (ρ , 10^{14} – 10^{15} Ом·см). Э. негигроскопичны, газонепроницаемы, легко поддаются мех. обработке, обладают высокой адгезией к металлу. Стойки к алифатич. углеводородам (при т-рах до 100 °С), растит. и животным жирам, р-рам щелочей, солей, неокисляющих к-т, разрушаются в окислителях, ароматич. и хлорированных углеводородах. Осн. недостаток хрупкость, особенно при пониженных т-рах; под действием прямого солнечного света в результате фотоокисления на их пов-сти образуется H_2SO_4 , что приводит к изменению поверхностного электрич. сопротивления.

Эбонитовые смеси получают на обычном оборудовании резинового произ-ва – вальцах или в резиносмесителях. Высконаполненные смеси приготавливают только в резиносмесителях в 2 стадии: на первой каучук перемешивают со всеми ингредиентами, кроме серы, на второй в охлажденную смесь вводят серу. В случае вулканизации при низких т-рах используют 2 смеси, в одну из к-рых вводят серу, в другую – ускоритель вулканизации; совмещают смеси непосредственно перед формированием полуфабрикатов (на каландрах или в экструдерах) и вулканизацией изделий. Т-ру вулканизации (до 190 °С) повышают ступенчато, процесс проводят в течение десятков часов.

Э. применяют для изготовления деталей электр. приборов, аккумуляторных баков и др. емкостей для агрессивных сред (в произ-ве нек-рых изделий заменяются пластмассами, напр. полистиролом), а также для гуммирования хим. аппаратуры.

Лит.: Гофманн В., Вулканизация и вулканизующие агенты, пер. с нем., Л., 1968; Кошелев Ф. Ф., Корнев А. Е., Буканов А. М., Общая технология резины, 4 изд., М., 1978, с. 486-91.

ЭБУЛИОСКОПИЯ, физ.-хим. метод исследования жидких р-ров нелетучих в-в, основанный на измерении повышения т-ры кипения р-ра по сравнению с т-рой кипения чистого р-рителя. Для разб. р-ров это повышение определяется из соотношения:

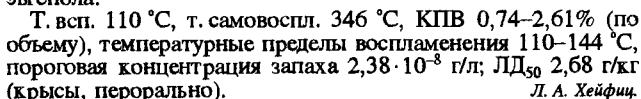
$$\Delta T = nRT_0^2 / 1000\lambda_{\text{HCl}} = nE,$$

где n – число молей растворенного в-ва; R – газовая постоянная; T_0 и $\lambda_{\text{исп}}$ – соотв. т-ра кипения и уд. теплота испарения чистого р-рителя. Величина $E = RT_0^2/1000\lambda_{\text{исп}}$ наз. эбулиоско-

пич. постоянной. Для р-ров электролитов $\Delta T = inE$, где $i = 1 + (v - 1)\alpha$; α – степень диссоциации; v – число ионов, на к-рые распадается молекула электролита.

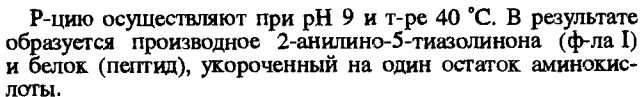
Э. используют для определения мол. массы растворенного в-ва, степени диссоциации слабых электролитов. Э. требует очень точных определений ΔT , к-рые осложняются склонностью р-ров к перегреву, изменением концентрации в результате испарения р-рителя и др. Вследствие этого Э. получила меньшее распространение, чем криоскопия.

ЭВГЕНОЛ (4-аллил-2-метоксифенол), мол. м. 164,2; бесцв., желтеющая на воздухе жидкость с сильным запахом гвоздики (запах менее приятен, чем у *изовьенгола*), т. пл. 10,3 °С, т. кип. 252,7 °С; d_4^{20} 1,0664; n_D^{20} 1,5410; давление пара 1,17 Па (20 °С); раств. в пропиленгликоле и эфирных маслах, р-имость в 50%-ном этаноле 1:5 (или 1:6) при 20 °С, не раств. в воде. Производные: бензоат, т. пл. 70,5 °С; 2,4-динитробензоат, т. пл. 130,8 °С; фенилуретан, т. пл. 97 °С. Э. – главная составная часть ряда эфирных масел: гвоздичного (до 85%), эвгенольного базилика (70–80%), коллоური (70–80%); в меньших кол-вах содержится в цитронелловом, иланг-иланговом, айрном, сассасфасовом и нек-рых других. С водными р-рами щелочей Э. образует водорастворимые соли (эвгеноляты), что используют для выделения Э. из эфирных масел, с поташом дает твердое соед., при окислении образует ванилин, при нагр. с щелочами, Рг на угле или с нек-рыми др. кат. изомеризуется в изовьенгол. Э. выделяют из эфирных масел либо получают алкилированием гваякола аллиловым спиртом или аллилхлоридом. Э. используют при составлении парфюм. композиций, как отдушки для табака, в синтезе изовьенгола.



ЭВТЕКТИКА, см. *Диаграмма состояния*.

ЭДМАНА ДЕГРАДАЦИЯ, определение первичной структуры белков и пептидов путем последоват. (ступенчатого) расщепления их пептидных связей (начиная с N-конца молекулы) действием фенилизотиоцианата:



Относительно неустойчивое производное 2-анилино-5-тиазолинона непригодно для идентификации аминокислоты. Оно м. б. превращено в изомерный 1-фенилмидазолдин (тиогидантоин; II) при нагревании в кислой среде или путем гидролиза (с размыканием цикла и послед. дикллизацией):



Соед. II экстрагируется и м.б. идентифицировано с помощью бумажной, тонкослойной или газожидкостной хроматографии. Количественно это соед. можно определить спектрофотометрически при 265–270 нм. Оставшийся белок (пептид) выделяется и подготавливается к следующему циклу деградации.

Значение Э. д. возросло в связи с возможностью осуществлять все стадии р-ции в спец. приборе – секвенаторе (от англ. sequence – последовательность; см. также *Белки*) в автоматич. режиме. Для этого белок (пептид) в виде тонкой пленки распределяют на внутр. пов-сти стенки вращающегося сосуда. Все необходимые реагенты поступают на его дно. Образующаяся на каждой стадии производное 2-анилино-5-тиазолиона собирается отдельно с помощью коллектора фракций для послед. идентификации. Для определения состава аминокислотных остатков в белке (пептиде) достаточно менее 1 мг продукта.

Созданный в 1966 П. Эдманом с использованием этих принципов прибор и применение масс-спектрометра в сочетании с ЭВМ позволяют полностью автоматизировать процесс определения первичной структуры макромолекул.

Среди модификаций Э. д. широкое применение нашел метод с использованием дансилхлорида (ДНС; 1-диметиламинонафталин-5-сульфохлорид) – т. наз. метод ДНС-Эдмана. Он основан на р-ции ДНС с непротонированной α-аминогруппой N-концевой аминокислоты белка (пептида) с образованием дансил-белка (пептида), к-рый на следующей стадии гидролизует с освобождением α-ДНС-аминокислот (последние обладают интенсивной флуоресценцией, $\lambda_{\text{возб}}$ 365 нм). Модификация предложена В. Греем и Б. Хартли в 1963 и также реализована в автоматич. приборах, в т. ч. твердофазных секвенаторах, в к-рых белок ковалентно связан с полимерным носителем.

Р-ция предложена П. Эдманом в 1950.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 10, М., 1986, с. 266–67; Овчинников Ю. А., Биоорганическая химия, М., 1987, с. 57–67; Edman P., «Acta Chem. Scand.», 1950, v. 4, № 2, p. 277–82; Folkers K. [a.o.], «Angew. Chem. Internat. Edn.», 1973, v. 12, № 4, p. 255. В. В. Баев.

ЭЖЕНАЛЬ (2,2,5,9-тетраметил-4,8-декадиеналь) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CHO}$, мол. м. 208,32; существует в виде смеси *цис*- и *транс*-изомеров; бесцв. или слегка желтоватая жидкость с интенсивным запахом цветов и свежей зелени; т. кип. 86–91 °C/2 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,8727; n_D^{20} 1,463–1,468; давление пара 0,13 Па (20 °C); раств. в этаноле, не раств. в воде. Получают взаимод. линалоола с изомасляным альдегидом в толуоле в присут. сульфосалициловой к-ты. Применяют при составлении парфюм. композиций.

Л. А. Хейфиц.

ЭЙКОЗАНОИДЫ, группа биологически активных соед., образующихся в организмах животных и растений в результате превращений эйкозаполиеновых к-т (неразветвленные карбоновые к-ты C_{20} с двумя и более метиленразделенными двойными связями). К Э. относят *простагландины*, родственные им соед. (простаноиды, тромбоксаны и др.) и *лейкотриены*. См. также *Липоксигеназы*, *Незаменимые жирные кислоты*.

Лит.: Тейпермен Дж., Тейпермен Х., Физиология обмена веществ и эндокринной системы. Вводный курс, пер. с англ., М., 1989; CRC book Eicosanoids, Prostaglandins and related lipids, ed. A. L. Willis, Boca Raton (Florida), 1987; New Trends in lipid mediators research. Leukotrienes and Prostanoids in Health and Disease, eds. U. Zor, Z. Naor, A. Damon, Karger, 1989.

ЭЙНШТЕЙНИЙ (Einsteinium) Es, искусств. радиоактивный хим. элемент III гр. периодич. системы, ат. н. 99; относится к *актиноидам*. Стабильных изотопов не имеет. Известно 14 радиоактивных нуклидов с мас. ч. 243–256. Наиб. долгоживущие нуклиды ^{252}Es ($T_{1/2}$ 471,7 сут, α-распад (78%), электронный захват (22%)) и ^{254}Es ($T_{1/2}$ 275,7 сут, α-излучатель). Вероятная конфигурация внеш. электронных оболочек атома $5f^{14}6s^26p^67s^2$; степень окисления +2 и +3 (наиб. устойчивая); атомный радиус 0,203 нм, ионный – Es^{3+} 0,0925 нм.

Свойства. Э. – металл с кубич. гранецентр. решеткой, $a = 0,375$ нм; т. пл. 860 °C; $\Delta H_{\text{воз}}^0$ 133 кДж/моль; теплопроводность при 300 К 10 Вт/(м·К). Характеристика нек-рых

соед. Es(III) приведена в табл.; по спектрам поглощения идентифицированы EsX_2 , где X = Cl, Br, I.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОЕДИНЕНИЙ ЭЙНШТЕЙНИЯ

Соединение	Сингония	Параметры решетки			
		a, нм	b, нм	c, нм	угол, град
Es_2O_3	Моноклинная	1,41	0,359	0,880	100
Es_2O_3	Гексагон.	0,37	—	0,60	—
EsCl_3	Гексагон.	0,740	—	0,407	—
EsOCl	Тетрагон.	0,3948	—	0,6702	—
EsBr_3	Моноклинная	0,727	1,259	0,681	110,8
EsI_3	Гексагон.	0,753	—	2,084	—

В водных р-рах стандартные окислит. потенциалы для Es(III)/Es(II) 1,3 В, для Es(IV)/Es(III) 4,6 В (расчетная величина); $\Delta H_{\text{обр}}^0$ иона Es^{3+} для бесконечно разб. водного р-ра –573,00 кДж/моль. По хим. св-вам Э. во многом подобен др. трехвалентным актиноидам. Он соосаждается с фторидами и гидроксидами РЗЭ; экстрагируется трибутилфосфатом и теноилтрифторацетоном $[(2-(1,3\text{-диоксо-4,4,4-трифторбутил)тиофен}]$ из слабощелочных р-ров; образует анионные комплексы в водных р-рах LiCl, HCl и NH_4SCN , к-рые сорбируются на анионитах.

Получение. Нуклиды Э. получают при облучении U, Bk или Cf на циклотроне ускоренными ионами соотв. N, He и D. Нуклиды ^{253}Es и ^{254}Es образуются в ядерных реакторах при длит. облучении тяжелых нуклидов Pu, Cm или Cf. В США производят ок. 2 мг ^{253}Es в год. Для выделения Э. используют сорбционные и экстракционные методы. Металлич. Э. получают восстановлением EsF_3 парами Li. Нуклиды ^{253}Es и ^{254}Es используют для синтеза трансформированных элементов.

Впервые Э. был выделен из продуктов термоядерного взрыва в 1952 учеными из Беркли, Аргонской и Лос-Аламосской лабораторий США. Нуклид ^{253}Es образовался в результате мгновенного захвата нейтронов ураном с послед. β-распадами; $^{238}\text{U} + 15n \longrightarrow ^{253}\text{U} \xrightarrow{7\beta} ^{253}\text{Es}$. Назван по имени А. Эйнштейна.

Лит.: Hulet E., «Radiochimica Acta», 1983, v. 32, № 1, p. 7–23; Chemistry of actinide elements, 2 ed., v. 2, L.–N. Y., 1986. См. также лит. при статье *Актиноиды*.

Б. Ф. Мягков.

ЭКВАТОРИАЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, см. *Аксиальное и экваториальное положение*.

ЭКВИВАЛЕНТ ХИМИЧЕСКИЙ, условная частица, в целое число раз меньшая (или равная) соответствующей ей формульной единицы – атома, молекулы, иона, радикала и др. В одной формульной единице в-ва В может содержаться $z(\text{B})$ Э. х. этого в-ва. Число $z(\text{B})$ (эквивалентное число) показывает, сколько Э. х. содержится в одной формульной единице; всегда $z(\text{B}) \geq 1$. Значения $z(\text{B})$ зависят от хим. р-ции, в к-рой данное в-во участвует.

В обменных р-циях значения $z(\text{B})$ определяются стехиометрией р-ции. Напр., для р-ции $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 12\text{KOH} \longrightarrow 2\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{K}_2\text{SO}_4$ на одну формульную единицу $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ затрачивается 12 формульных единиц KOH. Следовательно, значение $z[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 12$, а $z(\text{KOH}) = 1$. Значение Э. х. для $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ равно $1/12$ формульной единицы $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, а Э. х. KOH равен формульной единице KOH. В окислит.-восстановит. р-циях значение $z(\text{B})$ определяют по числу электронов, к-рые принимает одна формульная единица окислителя или отдает одна формульная единица восстановителя. Напр., в полуреакции $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ значение $z(\text{MnO}_4^-) = 5$, а значение Э. х. для анионов MnO_4^- равно $1/5$ формульной единицы MnO_4^- .

Кол-во в-ва Э. х. в-ва В – $n_{\text{эк}}(\text{B})$ – величина, пропорциональная числу Э. х. этого в-ва $N_{\text{эк}}(\text{B})$:

$$n_{\text{эк}}(\text{B}) = N_{\text{эк}}(\text{B})/N_A$$

где N_A – постоянная Авогадро. Единица измерения кол-ва в-ва Э. х. – моль. Так как в одной формульной единице в-ва В может содержаться $z(B)$ Э. х. этого в-ва, то

$$N_{\text{эк}}(B) = z(B) \cdot N_{\text{фе}},$$

где $N_{\text{фе}}$ – число формульных единиц в-ва В. Следовательно:

$$n_{\text{эк}}(B) = z(B) \cdot n_B,$$

где n_B – кол-во в-ва В.

Молярная масса Э. х. в-ва В – $M_{\text{эк}}(B)$ – это масса в-ва В (m_B), деленная на кол-во в-ва Э. х.:

$$M_{\text{эк}}(B) = m_B / n_{\text{эк}}(B)$$

Значение $M_{\text{эк}}(B)$ можно найти, исходя из молярной массы в-ва В (M_B , г/моль):

$$M_{\text{эк}}(B) = M_B / z(B)$$

Молярная концентрация Э. х. растворенного в-ва В – $c_{\text{эк}}(B)$ представляет собой отношение кол-ва в-ва Э. х. $n_{\text{эк}}(B)$ к объему р-ра V_p :

$$c_{\text{эк}}(B) = n_{\text{эк}}(B) / V_p$$

Единица измерения $c_{\text{эк}}(B)$ – моль/л, обозначение этой единицы – «н.» (нормальность – число Э. х. растворенного в-ва в 1 л р-ра). Запись 0,01 н. р-р KMnO_4 означает сантинормальный р-р KMnO_4 . Величина $c_{\text{эк}}(B)$ в конкретной р-ции всегда в $z(B)$ раз больше его молярной концентрации c_B :

$$c_{\text{эк}}(B) = z(B) \cdot c_B$$

Объем Э. х. газообразного в-ва В – $V_{\text{эк}}(B)$ представляет собой отношение объема данного газа V_B к кол-ву в-ва Э. х. в-ва В:

$$V_{\text{эк}}(B) = V_B / n_{\text{эк}}(B)$$

Единица измерения $V_{\text{эк}}(B)$ – л/моль. Поскольку для газов, принимаемых условно за идеальные, $n_B = V_B / V_m$, где $V_m = 22,414$ л/моль, то

$$V_{\text{эк}}(B) = 22,414 / z(B)$$

Т. обр., $V_{\text{эк}}(B)$ в конкретной хим. р-ции, протекающей в нормальных условиях, всегда в $z(B)$ раз меньше объема 1 моля идеального газа.

Закон Э. х. гласит: элементы всегда соединяются между собой в определенных массовых кол-вах, соответствующих их Э. х., или: в р-циях всегда участвуют равные кол-ва в-ва Э. х. Поэтому для р-ции, в к-рой взаимод. в-ва А и В, будут справедливы равенства:

$$n_{\text{эк}}(A) = n_{\text{эк}}(B)$$

$$c_{\text{эк}}(A) \cdot V_p(A) = c_{\text{эк}}(B) \cdot V_p(B)$$

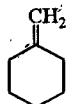
Раньше под Э. х. понимали кол-во в-ва, к-рое присоединяет или замещает 1 моль атомов водорода в ходе хим. р-ции. Однако это понятие относится не к самому Э. х., а к кол-ву в-ва Э. х. взятого в-ва В, как это видно из приведенных выше др. физ. величин, связанных с понятием Э. х. Ранее использовали также понятие «грамм-эквивалент», равный Э. х., выраженному в граммах.

Лит.: Степин Б. Д., Применение Международной системы единиц физических величин в химии, М., 1990; Степин Б. Д., Цветков А. А., Неорганическая химия, М., 1994.

Б. Д. Степин.

ЭКДИЗОНЫ, см. *Стероидные гормоны*.

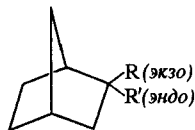
ЭКЗО..., **ЭНДО...** (греч. *éxō* – вне, снаружи; греч. *éndōn* – внутри), приставки к назв. орг. соединений. 1) Приставка *экзо-* показывает, что замещающая группа находится вне цикла, напр. *экзо-метиленициклогексан* (ф-ла I), *эндо-* – внутри цикла, напр. *эндо-метиленициклогексан* (II); 2) в бициклич.



I



II



III

мостиковых соединениях *экзо-* указывает, что заместитель, находящийся в главной ветви, повернут в сторону мостика, *эндо-* – в противоположную сторону (III).

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, метод термодинамич. анализа пром. систем (в т. ч. хим.-технол. систем, ХТС), рассматриваемых во взаимод. с окружающей средой.

Связь, устанавливаемые при Э. а. между термодинамич. характеристиками и техн.-экономич. показателями анализируемой системы, дают возможность оценить эффективность ее работы, а также определить пути и способы совершенствования. Объективность получаемых при таком анализе оценок обусловлена прежде всего тем, что они основаны на расчете минимально необходимых материальных и энергетич. затрат на реализацию исследуемого технол. процесса. В большинстве др. методов для этих целей используют нек-рые операции сравнения (напр., изменения энтропии системы), по отношению к к-рым и оцениваются показатели изучаемого объекта; результаты подобного анализа, естественно, зависят от удачного выбора операций сравнения. Э. а. извлекать исследователя от необходимости подбора указанных операций для действующих установок, а для новых (проектируемых) позволяет сразу выявить возможность их внедрения в произ-во путем сопоставления минимально требуемых затрат с имеющимися в наличии ресурсами. Э. а. успешно используют в отраслях хим.-лесного комплекса (напр., в произ-вах метанола, HNO_3), металлургии, криогенной технике и др., причем все шире для повышения экономичности высокоэнергоемких процессов и произ-ва.

Некоторые основные понятия. В основе Э. а. лежит понятие *эксергии* (от греч. *ex-* – приставка, означающая здесь высокую степень, и *érgon* – работа). Существует неск. ее формулировок. По одной из них (З. Рант, 1956) *эксергия* суть работоспособность – термин, применяемый для обозначения макс. работы, к-рую может совершить система при переходе из данного состояния в состояние равновесия со всеми компонентами окружающей среды, рассматриваемой как источник и приемник любых потоков энергоносителей (вода, пар, сырье, напр. нефть, хим. продукты) и энергии (электрическая, тепловая).

Поясним данное определение. Во-первых, макс. работу можно получить только в обратимом (равновесном) процессе, к-рый теоретически возможен при бесконечно малой движущей силе (напр., разности т-р, давлений, хим. потенциалов). Все реальные процессы происходят с возрастанием энтропии (см., напр., *Второе начало термодинамики*) при конечной разности т-р и, следовательно, необратимы. Поэтому полученная в них работа всегда будет меньше максимально возможной; для оценки этой работы ее надо сравнивать с максимально возможной в данном процессе, т. е. с *эксергией*. Во-вторых, макс. работа м. б. получена только при взаимод. системы с окружающей средой. Напр., для получения *эксергии* топлива его сжигают в определенном кол-ве O_2 , взятом из окружающей среды: при использовании для горения чистого кислорода будет получено больше теплоты, но суммарная *эксергия* окажется меньше, т. к. для получения O_2 из воздуха необходимо затратить нек-рую работу, а значит, *эксергию*. Аналогично при нагревании к.-л. тела теплоту нужно подводить только для повышения его т-ры выше т-ры окружающей среды, а до этой т-ры подогрев происходит за счет теплоты, отбираемой от среды.

В основе одной из иных формулировок *эксергии* (З. Рант, 1962) лежит (для случаев, когда начальная т-ра тела выше т-ры окружающей среды) допущение о том, что энергию тела можно представить суммой двух составляющих: $\mathcal{E} = E + A$. В соответствии с этим равенством *эксергия* E определяется как часть энергии, к-рая в данных условиях окружающей среды м. б. превращена в любую др. ее форму (см. ниже). Вторую составляющую A , наз. *анергией* (от греч. «а» – отрицат. частица и *érgon* – работа), ни в какую иную форму энергии, включая мех. работу, превратить нельзя; между *анергией* и *энтропией* существует связь: *анергия* – энергия полностью

неорганизов. движения молекул, энтропия – мера этого движения.

Наиб. наглядно эксергию (и анергию) можно представить графически. На рис. 1 изображен произвольный процесс 1–2, в к-ром теплота сообщается нек-рому рабочему телу. Эксергия теплоты E_T измеряется заштрихованной площадью. Неработоспособной части теплоты, т. е. анергии, отвечает площадь под линией $T_0 = \text{const}$, равная произведению $T_0(S_1 - S_2)$, где T_0 – т-ра окружающей среды; S_1 и S_2 – энтропия системы в начале и конце процесса.

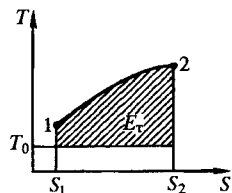


Рис. 1. Графическое изображение эксергии.

Эксергия измеряется в тех же единицах, что и энергия и работа, – в Дж, эксергия потока в-ва – в Вт, потока теплоты – в Дж/с. Таким образом, эксергия, характеризующая качество энергии пром. системы, т. е. способность быть превращенной в полезную работу, является универсальной мерой энергетич. ресурсов.

Параметры окружающей среды не зависят от параметров рассматриваемой системы, обычно предполагаются постоянными и, согласно указанному определению эксергии, должны находиться в термодинамич. равновесии с параметрами системы. Однако, строго говоря, это условие невыполнимо, поскольку в среде всегда существуют градиенты т-р, давлений и хим. потенциалов (что в практич. расчетах можно не учитывать). Для полной характеристики среды достаточно знать не более трех параметров (как правило, т-ру, давление, хим. состав). До тех пор пока все параметры системы не сравняются с соответствующими параметрами среды, равновесие не будет достигнуто и система может производить определенную работу, т. е. обладает эксергией. При Э. а. работы пром. установок в качестве окружающей среды принимают атм. воздух. Из самого понятия «эксергия» следует, что эксергия окружающей среды равна нулю.

Виды и составляющие эксергии. Различают два гл. ее вида: эксергию таких форм энергии, к-рые не определяются энтропией, и эксергию потоков в-ва и энергии, характеризующихся энтропией. К первым относятся мех., электрич., электромагн. и иные виды энергии; в данном случае эксергия равна энергии системы и никаких спец. расчетов для определения E не требуется. Ко вторым принадлежат формы энергии (напр., внутр. энергия в-ва, энергия хим. связей, теплового потока), для каждой из к-рых эксергию вычисляют индивидуально в зависимости от наличия и вида ее материального носителя – разл. тел [эксергия в-ва (массы) в объеме либо потоке] или объектов, не связанных с массой в кол-вах, подлежащих учету (эксергия теплового потока). Эксергия потока в-ва включает термомех. и хим. составляющие, обусловленные различием термич. и мех. параметров в-ва и окружающей среды и соответствующих хим. состава и хим. потенциалов.

Расчет эксергии. Эксергия в-ва в замкнутом объеме с термодинамич. параметрами U , S , T , p и V определяется соотношением:

$$e_V = (U - U_0) - T_0(S - S_0) + p_0(V - V_0), \quad (1)$$

где e_V – удельная (на единицу массы) эксергия в-ва; U_0 , S_0 , T_0 , p_0 , V_0 – внутр. энергия, энтропия, т-ра, давление и объем в-ва при полном равновесии анализируемой системы с окружающей средой. Ф-ла (1) выражает эксергию в-ва в замкнутом объеме в процессе, завершающимся выравниванием соответствующих параметров системы и среды. При расчетах эксергии рабочего тела (носителя эксергии) в замкнутой системе в двух разных состояниях ур-ние (1) приводится к виду:

$$\Delta e_V = \Delta U - T_0 \Delta S + p_0 \Delta V, \quad (2)$$

где ΔU , ΔS , ΔV – изменения параметров в-ва при переходе из одного состояния в другое.

Необходимость определения эксергии в замкнутом объеме возникает чаще всего при расчетах периодич. процессов и установок периодич. действия, в к-рых рабочее тело не

выходит за пределы данной системы. Однако на практике большинство хим.-технол. процессов непрерывны, стационарны и сопровождаются перемещениями материальных и энергетич. потоков. Поэтому такие задачи связаны с определением эксергии в-ва в потоке. Ее термомех. составляющую находят по ф-ле:

$$e_T = q - T_0(S - S_0), \quad (3)$$

q – переносимый в-вом уд. тепловой поток; S – энтропия в-ва в потоке.

Для идеальных газов термомех. эксергия определяется выражением:

$$e_T = C_p(T - T_0) - T_0[C_p \ln(T/T_0)] - R \ln(p/p_0), \quad (4)$$

где C_p – уд. теплоемкость в-ва; p и T – давление и т-ра в-ва в потоке; R – газовая постоянная.

Хим. составляющую эксергии (хим. эксергию), связанную с термодинамич. параметрами хим. р-ции, рассчитывают, используя разл. полуэмпирич. соотношения. Так, для газов и жидкостей установлены соотношения между их хим. эксергией и высшей теплотой сгорания $Q_{сг}^0$; напр., в процессах выпаривания, ректификации и сушки хим. эксергию топлива находят по ф-ле:

$$e_x = K Q_{сг}^0, \quad (5)$$

где коэф. K равен 0,975 (газы) и 0,95 (жидкости), если в молекуле в-ва содержится более одного атома С. Для др. в-в, напр. газов, можно принять след. значения K : 0,97 (генераторный газ), 0,98 (колошниковый газ), 1,0 (коксовый газ), 1,04 (прир. газ).

В случае твердых топлив с учетом влагосодержания W хим. эксергию можно с достаточной для практич. целей точностью принять равной их $Q_{сг}^0$, т. е.

$$e_x = (1 - W) Q_{сг}^0 \quad (6)$$

Т-ра топлив обычно близка к т-ре окружающей среды, поэтому необходимость принимать во внимание в расчетах их термомех. эксергию не возникает; исключение составляет тяжелое жидкое топливо (мазут), к-рое для снижения его вязкости, как правило, подогревают до 70–100 °С.

Эксергия теплового потока. Функционирование ХТС в той или иной степени обусловлено обменом энергией с окружающей средой. При передаче от одного тела к другому и к среде энергии в форме теплового потока (теплопроводность) вместе с ним сообщается и определенное кол-во эксергии. Если приемником теплоты служит окружающая среда с т-рой T_0 , уд. эксергия теплового потока, имеющего т-ру T , составляет:

$$e = q(1 - T_0/T) \quad (7)$$

Величина $(1 - T_0/T) = T_e$ наз. эксергетической температурой. При $T < T_0$ направления потоков противоположны: тепловой движется от окружающей среды (отрицателен), эксергетический – всегда к среде (положителен).

Во мн. хим.-технол. системах, особенно высокотемпературных, существ. роль играет обмен энергией в форме излучения с др. объектами и средой. Эксергию излучения находят по ф-ле:

$$e_e = \epsilon k [3(T^4 + T_0^4 - 4T_0 T^3)], \quad (8)$$

где e_e – уд. эксергия, приходящаяся на единицу площади излучающей пов-сти; ϵ и T – степень ее черноты и т-ра; T_0 – т-ра окружающей среды; k – постоянная Больцмана.

Эксергия влажного воздуха. В практич. приложениях Э. а. важное значение имеет вычисление эксергии влажного воздуха, что обусловлено его применением в качестве рабочего тела во мн. процессах хим. технологии (напр., при сушке). В данном случае особенность определения эксергии состоит в том, что началом отсчета служит переменное состояние воздуха в окружающей среде. Для удобства расчетов влажный воздух принято условно рассматривать как смесь 1 кг абсолютно сухого воздуха и X кг водяных паров. Соотв. эксергия такой смеси e_{1+X} , отнесенная к 1 кг абсолютно

сухого воздуха, будет равна сумме эксергий воздуха и паров и рассчитывается по ф-ле:

$$e_{1+x} = C_p(t - t_0) - T_0 \left[C_p \ln \frac{T}{T_0} - R_p \ln \frac{p - \varphi p_{\text{нас}}(t)}{p_0 - \varphi_0 p_{\text{нас}}(t_0)} \right] + X [I_p - I_{n,0} - T_0 (S_p - S_{n,0})], \quad (9)$$

где C_p и R_p – теплоемкость и газовая постоянная сухого воздуха; t и t_0 , T и T_0 – т-ры анализируемого потока и окружающей среды соотв. в °С и К; φ и φ_0 , p и p_0 – относит. влажности воздуха и полные давления в потоке и среде; $p_{\text{нас}}(t)$ и $p_{\text{нас}}(t_0)$ – давления насыщенных водяных паров при т-рах потока и среды; I_p и S_p , $I_{n,0}$ и $S_{n,0}$ – энтальпии и энтропии паров при параметрах потока и среды. Изменения состояния окружающей среды влияют на величину эксергии, поэтому, чтобы избежать ошибок в ее расчете, нужно учитывать не фиксированные, а реальные параметры среды.

Расчет по ф-ле (9) эксергии влажного воздуха при разл. параметрах требует значит. затрат времени. Для их сокращения часто применяют графоаналит. способ на основе спец. номограммы. Найденные по ней параметры подставляют в упомянутую ф-лу:

$$e_{1+x} = I - I_0 - (T_0 S - T_0 S_0) + \Delta X I_{n,0} - \Delta X T_0 S_{n,0}, \quad (10)$$

где $\Delta X = X - X_0$ (X_0 – влагосодержание среды). Расхождение в результатах расчета этим способом и по ф-ле (9) не превышает 3–5%.

Эксергетический баланс. С помощью основных соотношений [ф-лы (1)–(10)] для определения эксергетич. показателей эффективности работы ХТС составляют их эксергетич. балансы. Для любой реальной системы такой баланс представляет собой сопоставление всех эксергетич. потоков на входе (E') и выходе (E'') из нее с учетом затрат эксергии на компенсацию внутр. и внеш. потерь и м. б. выражен в виде:

$$\Sigma E' = \Sigma E'' + \Sigma E^{\text{п}}, \quad (11)$$

где $\Sigma E^{\text{п}}$ – потери эксергии в системе.

Внутр. потери обусловлены необратимостью протекающих в ХТС процессах (гидравлич. сопротивления, тепло- и массообмен и др.); внешние – потерями эксергии через тепловую изоляцию, с выходящими из системы потоками (напр., нагретая вода, отработанные газы). Если выполненные на основе эксергетич. баланса системы или ее отдельных элементов расчеты показывают отсутствие $E^{\text{п}}$ в них, это свидетельствует об ошибках в определении параметров действующих ХТС либо о невозможности ее реализации для проектируемых произ-в. Эксергетич. потери находят по ф-ле Гюи – Стодоли:

$$\Sigma \Delta E^{\text{п}} = T_0 \Delta S, \quad (12)$$

где ΔS – изменение энтропии системы.

Эксергетические диаграммы. Весьма полезны и достаточно информативны для анализа эффективности функционирования ХТС эксергетич. диаграммы, или диаграммы Грассмана, на к-рых потоки эксергии в системе изображены в определенном масштабе по «ширине», пропорциональной их численным значениям. Диаграммы наглядно показывают потери эксергии в системе, места их появления и перераспределения между элементами данного объекта. На рис. 2 приведена такая диаграмма для ХТС с двумя входными материальными потоками, к-рым отвечают эксергии E'_1 и E'_2 . В результате взаимод. этих потоков на выходе из системы

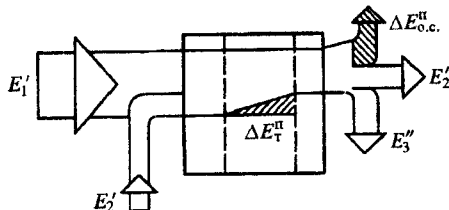


Рис. 2. Диаграмма Грассмана для ХТС с двумя входными материальными потоками.

получают целевые продукты с эксергиями E''_2 и E''_3 и побочный продукт с эксергией $E''_1 = \Delta E^{\text{п}}_{\text{о.с.}}$. Сумма $E''_2 + E''_3$ меньше суммарной эксергии входных потоков на величину $\Delta E^{\text{п}}_T$ (обусловлены необратимостью тепло- и массообмена в системе) и внеш. потерь $\Delta E^{\text{п}}_{\text{о.с.}}$ в окружающую среду.

Эксергетический КПД системы. Диаграммы Грассмана и непосредственно эксергетич. баланс в форме ур-ния позволяют найти количеств. показатели эффективности работы анализируемой ХТС. Среди этих показателей наиб. распространен эксергетич. КПД η_e , определяемый соотношением:

$$\eta_e = \Sigma E_{\text{п.п.}} / \Sigma E_s = (\Sigma E_s - \Sigma \Delta E^{\text{п}}_{\text{о.с.}}) / \Sigma E_s, \quad (13)$$

где $\Sigma E_{\text{п.п.}}$ – сумма потоков эксергии, отражающая полезный эффект от функционирования системы; ΣE_s – полные затраты эксергии на достижение заданного эффекта.

Для идеального, полностью обратимого процесса, в к-ром потери $\Delta E^{\text{п}}_{\text{о.с.}}$ отсутствуют, $\eta_e = 1$; если подведенная эксергия полностью теряется в процессе, то $\eta_e = 0$. В реальных процессах всегда соблюдается неравенство: $0 < \eta_e < 1$; при этом чем выше численное значение η_e , тем термодинамически совершеннее система. Из ф-лы (13) следует также, что разность между эксергиями, обуславливающими полезный эффект и эксергетич. затраты, всегда равна суммарной потере эксергии от необратимости протекающих в системе процессов.

Т. обр., эксергетич. КПД носит обобщенный характер. Конкретное выражение для η_e зависит от назначения и особенностей анализируемого процесса и видов взаимод. потоков. Напр., с использованием понятия «транзитной» эксергии $E^{\text{тп}}$ (количество в системе не изменяется) ур-ние для η_e принимает форму:

$$\eta_e = \frac{\sum_i (E'_i - E^{\text{тп}}_i) + \sum_j (E''_{kj} - E^{\text{тп}}_{kj}) + \sum_l E''_{kl}}{\sum_i (E'_i - E^{\text{тп}}_i) + \sum_j (E''_{kj} - E^{\text{тп}}_{kj}) + \sum_f E''_{kf}}, \quad (14)$$

где ниж. индексы обозначают: i – все виды эксергии, кроме химической; k – хим. эксергия; j – компоненты в-ва, одновременно присутствующие во входном и выходном потоках; l – новые в-ва, образующиеся в системе; f – в-ва, полностью превращающиеся в др. в-ва.

Объем, качество и ценность информации, получаемой на основе эксергетич. баланса ХТС, проиллюстрируем двумя примерами из опыта использования Э. а. в хим. технологии.

1. Анализ узла синтеза NH_3 в технол. схеме его произ-ва показал, что макс. потери эксергии происходят в колонне синтеза и уменьшить их можно: 1) на 15–18% без значит. изменения технол. процесса; 2) с принципиальным изменением режима синтеза NH_3 (напр., повышением т-ры в одной из зон колонны), что позволило бы квалифицированное использовать теплоту р-ции и выдавать на сторону пар более высоких параметров.

II. Для оценки эффективности работы типовой пневматич. сушилки (трубы-сушилки) применительно к сушке конкретного продукта наряду с обычным анализом на основе материального и теплового балансов установки (рис. 3) проведен ее

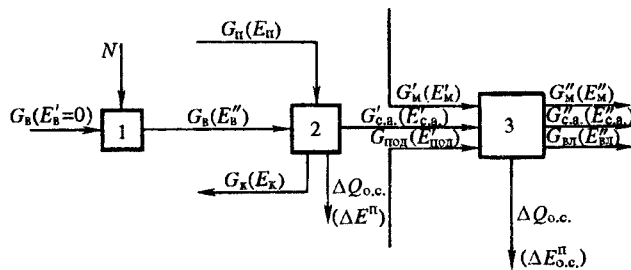


Рис. 3. Схема потоков в сушильной установке: 1 – вентилятор; 2 – калорифер; 3 – сушилка.

Э. а. В соответствии со схемой материальных (G), тепловых (Q) и эксергетич. (E) потоков был составлен эксергетич. баланс:

$$N + E_{\text{ш}} + E'_{\text{м}} = E_{\text{к}} + E''_{\text{м}} + E'_{\text{с.а.}} + E_{\text{вт}} + \sum E_{\text{о.с.}} \quad (15)$$

где N – мощность двигателя вентилятора; $E_{\text{ш}}$ – эксергия пара; $E_{\text{к}}$ – эксергия образующегося в калорифере конденсата; $E'_{\text{м}}$, $E''_{\text{м}}$ – эксергия влажного материала на входе в установку и высушенного материала; $E'_{\text{с.а.}}$ – эксергия сушильного агента на выходе из установки; $E_{\text{вт}}$ – эксергия испаренной влаги; $E_{\text{о.с.}}$ – суммарные потери эксергии в установке. Остальные обозначения эксергетич. потоков на схеме: $E_{\text{в}}$ – эксергия воздуха, поступающего в вентилятор и калорифер; $E'_{\text{с.а.}}$ – эксергия сушильного агента на входе в сушилку; $E_{\text{под}}$ – эксергия подкашиваемого наружного воздуха; $E_{\text{о.с.}}$ – потери эксергии в окружающую среду с отработанным сушильным агентом.

Эксергии материальных потоков в составе эксергетич. баланса рассчитаны по представленным ранее ф-лам. Потери эксергии выражены суммой потерь в отдельных аппаратах и вычислены по ф-ле Гюи–Стодоли (определение возможно также по разности эксергий материальных и энергетич. потоков на входе и выходе из соответствующих аппаратов, если нет необходимости в детализации этих потерь). Результаты расчетов показали, что полезные затраты эксергии на испарение влаги из материала незначительны по сравнению с располагаемой эксергией греющего пара; основные потери эксергии выявлены в калорифере.

Сопоставлением эксергетич. баланса с тепловым балансом этой установки найдено, что в последнем уд. вес аналогичных статей расхода существенно отличается от полученных при эксергетич. расчете значений. Так, потери в окружающую среду в тепловом балансе составили 60,4%, а в эксергетическом – 15,9% (суммарные потери в калорифере и сушилке, из к-рых отработанный сушильный агент выбрасывается в атмосферу). Это объясняется низким энергетич. потенциалом уходящих газов, что, естественно, сказалось на численном значении их эксергии. Что касается таких статей расхода, как потери в калорифере, при смешении паров влаги с сушильным агентом, от гидравлич. сопротивления установки и от необратимости тепло- и массообмена, то они вообще не нашли отражения в тепловом балансе. Т. обр., в сопоставлении с ним эксергетич. баланс полнее и объективнее отразил все энергетич. затраты на реализацию сушильного процесса и позволил выявить «узкие» места в нем. В данном случае повышение эффективности работы установки в первую очередь было связано с совершенствованием функционирования калорифера (изменены конструкции и параметры работы, в частности, снижено давление греющего пара).

Структурные коэффициенты. При Э. а. ХТС существенна связь их общих показателей с характеристиками отдельных элементов (аппаратов). Мера влияния отдельного элемента на эффективность работы системы в целом принято оценивать с помощью т. наз. структурного коэф. $\eta_{\text{стр}}$. Он представляет собой отношение изменения к-л. эксергетич. параметра всей системы (кпд, потери, входные и выходные потоки) к его изменению в одном из элементов; при этом все остальные параметры системы считаются неизменными.

Оптм. оценки функционирования ХТС получены при вычислении $\eta_{\text{стр}}$ через эксергетич. кпд. Расчетные соотношения для этого коэф. зависят от структурных связей в системе, т. е. от наличия последовательно, параллельно или смешанно соединенных между собой ее элементов. Анализ показывает, что в ХТС с последоват. соединением аппаратов одинаковые изменения $\eta_{\text{к-л.}}$ элемента в равной степени отражаются на величине данного коэф. для всей системы независимо от места расположения в ней аппарата. В то же время изменение потерь эксергии зависит от размещения элемента: чем дальше от входа в систему он находится, тем сильнее влияние указанных потерь на работу системы. Поэтому необходимо обращать особое внимание на уменьшение эксергетич. потерь на заключит. стадиях процесса, протекающего в ХТС с таким соединением элементов.

В системах с параллельным соединением элементов изменение потерь эксергии в любом аппарате вызывает эквивалентные изменения потерь во всей ХТС. Э. а. с помощью структурных коэф. реальных пром. систем требует их преобразования в схемы, состоящие из параллельно соединенных участков, в к-рых аппараты связаны последовательно.

Оптимизация работы ХТС на основе Э. а. осуществляется с помощью целевых ф-ций (см. *Оптимизация*); обычно применяют $\eta_{\text{е}}$, приведенные денежные затраты на единицу эксергии продукта, сумму уд. затрат эксергии. На практике широко используют вторую из перечисленных ф-ций. В общем виде показатель, служащий для нахождения оптм. параметров ХТС на основе данной целевой ф-ции, имеет вид:

$$\min_{\{m\}} C_{\text{пр}} = \min_{\{m\}} \left\{ \left(\sum C_{\text{е.и}} E_{\text{и}} + EK \right) / \sum E_{\text{пр.п}} \right\}, \quad (16)$$

где $C_{\text{е.и}}$ и $C_{\text{пр}}$ – стоимость единицы эксергии сырья и продукции; $E_{\text{и}}$ и $E_{\text{пр.п}}$ – их эксергии; K – капитальные затраты; $\{m\}$ – совокупность параметров, по к-рым оптимизируется работа системы. Выражение (16) конкретизируется в зависимости от особенностей структуры ХТС и условий ее функционирования.

Весьма нагляден и эффективен графич. метод представления изменений оптимальных затрат на работу ХТС с помощью термоэкономич. диаграмм материальных и энергетич. потоков. На рис. 4 изображены такие диаграммы для выпарной установки, включающей ряд последовательно соединенных аппаратов (1, 2, ..., N). При построении диаграмм затраты делятся на энергетические и неэнергетические. Энергетич. составляющие (потоки эксергии на входе в каждый аппарат и выходе из него; рис. 4, а) вычисляются через термодинамич. характеристики системы. По мере движения от ее входа к выходу из-за потерь эксергии в аппаратах общий эксергетич. поток уменьшается. Стоимость энергетич. затрат, полученную умножением «ширины» потока (рис. 4, а) на стоимость единицы эксергии, откладывают в выбранном масштабе на «стоимостной» диаграмме (рис. 4, б) ниже оси $O-O'$ ($3'_{\text{вн}}$, $3''_{\text{вн}}$, ..., $3'_{\text{н}}$).

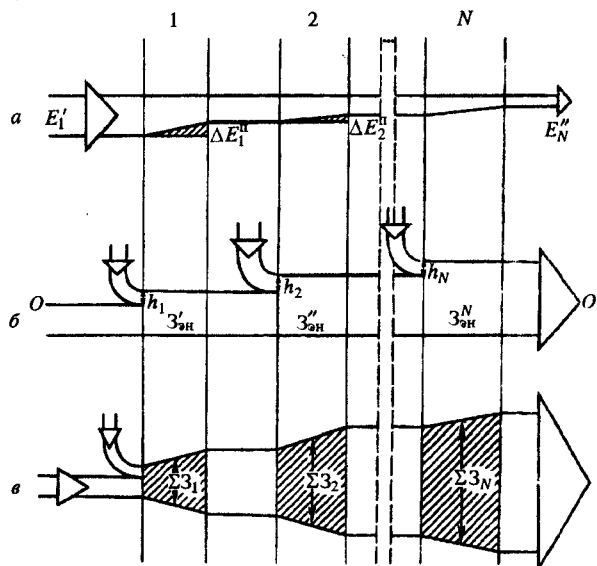


Рис. 4. Термоэкономические диаграммы для системы из последовательно соединенных аппаратов.

На той же диаграмме выше линии $O-O'$ откладывают стоимость неэнергетич. затрат, складывающихся из отчислений капиталовложений и трудовых затрат (на эксплуатацию аппаратов); эти затраты косвенно (через размеры аппаратов) также связаны с термодинамич. характеристиками системы.

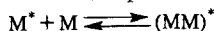
В каждом аппарате неэнергетич. затраты растут скачком (h_1, h_2, \dots, h_n) из-за дополнит. трудовых затрат.

Диаграмма на рис. 4, в - результирующая; она получается делением ширины потока на рис. 4, б на соответствующую ширину потока на диаграмме 4, а. Из рис. 4, в следует, что по мере движения потоков от входа системы к ее выходу неэнергетич. затраты увеличиваются быстрее, чем энергетические. Подобные ХТС довольно широко распространены в пром-сти.

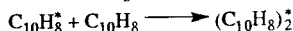
В более общем случае энергетич. затраты, обусловленные промежут. вкладами материальных или энергетич. потоков, приводят к количеств. изменению уд. затрат. Однако преимущественное возрастание неэнергетич. затрат типично и для таких ХТС, поскольку любые преобразования требуют создания соответствующего оборудования и одновременно не всегда связаны с дополнит. трудовыми затратами. Являясь целевой ф-цией при оптимизации работы ХТС, уд. стоимостные затраты позволяют также получить информацию и о тех ее элементах, к-рые в наиб. степени способствуют увеличению указанных затрат.

Лит.: Шаргут Я., Петела Р., Эскергия, пер. с польск., М., 1968; Сажин Б.С., Основы техники суши, М., 1984, с. 283-309; Бродянский В.М., Фратшер В., Михалек К., Эскергетический метод и его приложения, М., 1988; Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартев М.Г., Общая химическая технология, 2 изд., М., 1990, с. 27-45; Сажин Б.С., Булеков А.П., Эскергетический анализ в химической технологии, М., 1992. Б.С. Сажин, А.П. Булеков.

ЭКСИМЕРЫ (от англ. excited dimer), возбужденные димеры, частный случай возбужденных мол. комплексов (см. *Эксплексы*). В Э. связь между двумя одинаковыми молекулами обусловлена делокализацией между ними энергии возбуждения. Э. образуются при взаимодействии электронно-возбужденных молекул с аналогичными молекулами в основном электронном состоянии (при их концентрациях более 10-1000 мкМ):



Напр., возбужденные молекулы нафталина или пирена взаимодействуют с теми же молекулами в основном состоянии с образованием возбужденного димера:



При возбуждении светом р-ров пирена с концентрацией более 10 мкМ наблюдается образование Э. пирена, проявляющееся в том, что спектр флуоресценции содержит две полосы испускания: структурированную коротковолновую полосу мономера и бесструктурную длинноволновую полосу Э.

Структура и кинетика образования Э. такие же, как и у эксплексов. Э. являются неполярными частицами и имеют дипольный момент, равный нулю, вследствие чего энергии их образования и спектры испускания не зависят от полярности р-рителя.

Э. могут являться промежут. продуктами нек-рых фотохим. р-ций, напр. фотодимеризации ароматич. углеводородов.

Лит. см. при ст. *Эксплексы*.

М. Г. Кузьмин.

ЭКСПЛЕКСЫ (от англ. excited complex), возбужденные мол. комплексы из двух или неск. молекул. Связь между молекулами, образующими комплекс, м.б. донорно-акцепторной (частичный или полный перенос электрона) или «экситонной» (вследствие делокализации возбуждения между двумя молекулами; напр., в случае одинаковых молекул или молекул с близкими энергиями возбуждения). Термин «Э.» обычно относится к таким возбужденным комплексам, основное состояние к-рых нестабильно. Э. наблюдаются гл. обр. в неполярных р-рителях, поскольку в полярных средах они быстро диссоциируют на ион-радикалы. Э. часто являются промежут. продуктами фотохим. р-ций и их св-ва определяют закономерности этих р-ций.

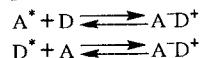
Электронная волновая функция Э. $[AB]^*$, образованного молекулами А и В, в общем случае приближенно м.б. представлена в виде линейной комбинации ф-ций, отвечающих локальным возбужденным состояниям A^*B и AB^* , а также состояниям с переносом заряда A^+B^- и A^-B^+ :

$$\Psi = a\psi(A^*B) + b\psi(AB^*) + c\psi(A^+B^-) + d\psi(A^-B^+).$$

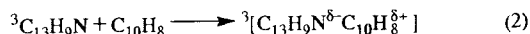
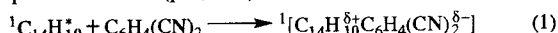
Если А - акцептор, а В - донор электрона, то $c \gg d$ и $a, b \approx 0$; в случае одинаковых молекул $a \approx b$ (или $a = b$), а $c, d \approx 0$. Мультиплетность квантового состояния Э. зависит от характера возбуждения отд. частиц; как правило, имеют дело с Э. в синглетном или триплетном состоянии.

В узком смысле Э. наз. именно комплексы с переносом заряда, данная статья посвящена гл. обр. этим частицам. Комплексы одинаковых или очень близких (по структуре энергетич. спектра) молекул наз. *эксимерами*.

Э. (общепринятое обозначение A^*D^*) обычно образуются в р-ре при взаимодействии возбужденных молекул с донорами D или акцепторами А электрона:



Так, при взаимодействии антрацена в возбужденном синглетном состоянии (донор электрона) с 1,4-дицианобензолом в основном электронном состоянии образуется синглетный Э. (р-ция 1), а при взаимодействии азафенантрена в триплетном состоянии (акцептор электрона) с нафталином в основном состоянии - триплетный Э. (р-ция 2):



(δ^+ - доля перенесенного заряда). В этих примерах происходит почти полный перенос заряда и $\delta \approx 1$.

Образование синглетных Э. проявляется прежде всего в тушении флуоресценции исходного в-ва в присут. донора или акцептора электрона и появлении в спектре флуоресценции р-ра новой полосы испускания, сдвинутой в длинноволновую область. Зависимость квантового выхода флуоресценции A^* (или D^*) и Э. зависит от концентрации $[A]$ (или $[D]$) и описывается ур-ниями типа Штерна-Фольмера (см. *Люминесценция*). Кинетика флуоресценции р-ра при обратном образовании Э. в общем случае неэкспоненциальна. Образование триплетных Э. обнаруживается по изменению спектров поглощения триплетных состояний в присут. доноров (или акцепторов) электронов.

Эnergии наиб. типичных Э. близки к энергиям состояний с полным переносом электрона (типа A^*D^*), поэтому энергии их образования из возбужденных молекул A^* (или D^*) м.б. оценены из окислит.-восстановит. потенциалов донора электрона $E^0(D^*/D)$ и акцептора $E^0(A^*/A)$:

$$\Delta G^0 = F[E^0(A/A^-) - E^0(D^*/D) - E^* - C],$$

где F - число Фарадея; E^* - энергия возбуждения А (или D); $C = e^2/4\pi\epsilon_0\epsilon r$ - энергия электростатич. взаимодействия между ионами в Э. (e - заряд электрона; $4\pi\epsilon_0$ - электрич. постоянная; ϵ - диэлектрич. проницаемость р-рителя; r - расстояние между ионами). Энергия (в эВ), соответствующая максимуму испускания Э., выражается ур-нием:

$$h\nu = F[E^0(A/A^-) - E^0(D^*/D)] - \Delta,$$

где сдвиг полосы $\Delta \approx 0,145 \pm 0,01$ эВ (в том же р-рителе, в к-ром измерены окислит.-восстановит. потенциалы) и зависит от полярности р-рителя:

$$h\nu = h\nu_0 - (\mu^2/a^3)[(\epsilon - 1)/(2\epsilon + 1) - (n^2 - 1)/(2n^2 + 1)],$$

где μ и a - дипольный момент и радиус Э.; ϵ и n - соотв. диэлектрич. проницаемость и показатель преломления р-рителя; ν_0 - частота испускания в-ва в газовой фазе. Э. атомов инертных газов с галогенами применяются в газовых лазерах (неправильно называемых эксимерными лазерами). Наиб. эффективны лазеры на ArF, KrF, XeF.

Лит.: Капняус Е.И., Фотоника молекулярных комплексов, К., 1988; The exciplex, ed. by M. Gordon, W. R. Ware, N. Y., 1975. М. Г. Кузьмин.

ЭКСКЛЮЗИОННАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ (ситовая хроматография), жидкостная хроматография, основанная на разл. способности молекул разного размера проникать в поры не-ионогенного геля, к-рый служит неподвижной фазой. Разли-

чают гель-проникающую хроматографию (элюент – орг. р-ритель) и гель-фильтрацию (элюент – вода).

Для Э. х. используют макропористые неорг. или полимерные сорбенты. Для Э. х. полярных полимеров неорг. сорбенты (силикагели и макропористые стекла) модифицируют кремнийорг. радикалами, а для Э. х. гидрофильных полимеров – гидрофильными группами. Среди полимерных сорбентов наиб. распространены стирол-дивинилбензолные (для Э. х. высокополимеров и олигомеров). Для гель-фильтрации биополимеров, прежде всего белков, используют гидрофильные полимерные сорбенты (сефадексы – декстраны с поперечными сшивками, а также полиакриламидные гели) или модифицированные полисахаридами макропористые силикагели.

Э. х. эффективно применяют при разработке новых полимеров, технол. процессов их получения, контроле произ-ва и стандартизации полимеров. Э. х. используют для анализа ММР полимеров, исследования, выделения и очистки полимеров, в т. ч. биополимеров.

При Э. х. молекулы, имеющие в р-ре большой размер, или совсем не проникают, или проникают только в часть пор сорбента (геля) и вымываются из колонки раньше, чем небольшие молекулы. Соотношение эффективных размеров макромолекул и пор сорбента определяет коэф. распределения K_d , от к-рого зависит объем удерживания компонента V_R в колонке:

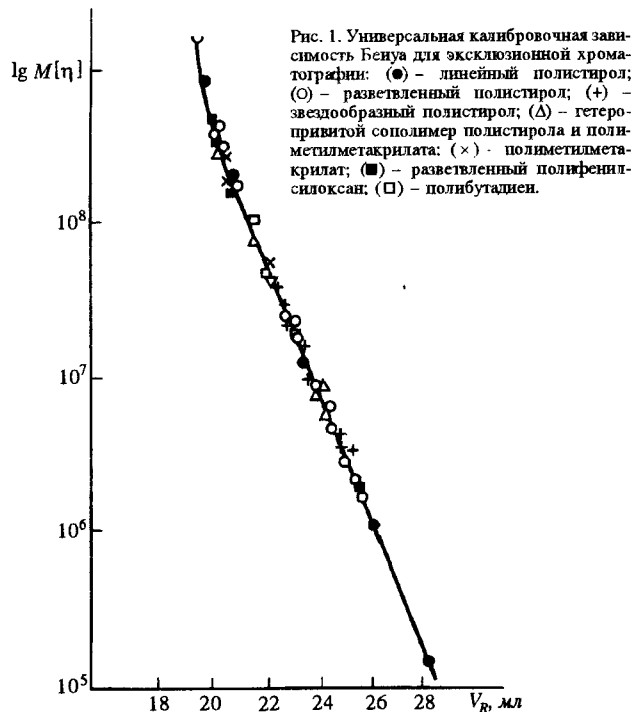
$$V_R = V_0 + V_p K_d \quad (1)$$

где V_0 – объем пространства между частицами сорбента, V_p – объем пор сорбента.

Эффективным размером макромолекулы при Э. х. является ее гидродинамич. радиус R , к-рый вместе с мол. массой полимера M определяет характеристич. вязкость полимера $[\eta]$. Универсальную калибровочную зависимость V_R от произведения $M[\eta]$ (ур-ние 2) впервые получил экспериментально Г. Бенуа, она имеет вид (рис. 1):

$$V_R = A - B \lg(M[\eta]), \quad (2)$$

где A и B – константы. Ур-ние (2) одинаково справедливо для линейных и разветвленных полимеров, блок- и привитых сополимеров, олигомеров. Используя ур-ние Марка-Куна-Хувинка: $[\eta] = K_n M^a$, где K_n и a – табулированные константы, учитывающие взаимод. полимера с р-рителем и сте-



пень жесткости макромолекулы, можно перейти от универсальной зависимости (2) к рабочей зависимости (3) для исследуемого образца (рис. 2):

$$V_R = C_1 - C_2 \lg M, \quad (3)$$

где $C_1 = A - \lg K_n$, $C_2 = B(a + 1)$.

С др. стороны, получив экспериментально зависимость (2) с использованием полимерных стандартов (не менее 3 образцов), для к-рых известны M , K_n и a , а также зависимость (3) для полимера с неизвестными константами, можно найти для него K_n , a и константы C_1 и C_2 . Можно определять зависимость (3) и непосредственно путем калибровки узкодисперсными (с известными M) и широкодисперсными (с известным ММР) стандартами. Располагая эксклюзионной хроматограммой и калибровочной зависимостью определяют ММР исследуемого полимера.

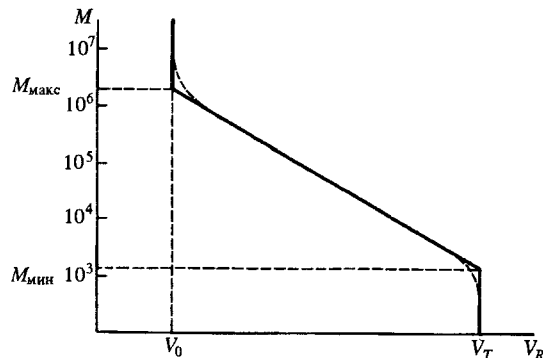


Рис. 2. Рабочая калибровочная зависимость для эксклюзионной хроматографии.

В области от V_0 до V_T (объем колонки, доступный для р-рителя и молекул ниже определенного размера, соответствующего M_{\min}) рабочая зависимость имеет линейный (квазилинейный) характер. Соответствующие объемам V_0 и V_T мол. массы представляют собой пределы исключения – M_{\max} (молекулы большого размера, не проникают в поры сорбента) и M_{\min} (молекулы небольшие, полностью проникают в поры сорбента). Эти величины, а также тангенс угла наклона линейной части калибровочной зависимости селективности разделения $C_2 = V_p \lg(M_{\max}/M_{\min})$ и степень ее линейности определяют качество сорбента для Э. х. Благодаря логарифмич. зависимости V от M селективность разделения dV/dM падает с увеличением M , поскольку $C_2 = (dV/dM)M$. Для разделения макромолекул с близкими M требуется сорбент, работающий в узком диапазоне M и обладающий высокой селективностью C_2 . Сорбенты с порами одного размера теоретически способны разделять макромолекулы в пределах $\Delta M \approx 10^{2.5}$, коммерческие сорбенты характеризуются $\Delta M = 10^2 - 10^{2.5}$. Для разделения макромолекул в большом диапазоне M нужны сорбенты с бимодальным и тримодальным распределением пор по размерам, обеспечивающие линейную мол.-массовую калибровочную зависимость в диапазоне $M = 10^{2.5} - 10^{6.5}$. Селективность C_2 подобного сорбента (или специально подобранной смеси сорбентов) естественно ниже, чем унимодального сорбента, но ее делают максимальной для заданного диапазона ΔM . Макс. селективность достигается увеличением объема порового пространства сорбента, у бимодального и тримодального сорбентов, кроме того, – оптимальным распределением пор по размерам. Важно, чтобы при разделении смеси макромолекул их наибольшая и наименьшая M находились в пределах $M_{\min} - M_{\max}$, характерных для данного сорбента. Иначе по краям хроматограммы при V_T и V_0 будут выходить из колонки макромолекулы соотв. с $M \leq M_{\min}$ и $M \geq M_{\max}$, образуя ложные хроматографич. пики.

Механизм Э. х. Макромолекулы в р-ре представляют собой статистич. ансамбль (статистич. клубок). Их распределение

между пористым сорбентом и р-ром контролируется изменением энергии Гиббса при переходе макромолекулы из р-ра в поры: $-\Delta G = -\Delta H + T\Delta S$, где ΔH – изменение энтальпии макромолекулы вследствие взаимод. ее сегментов с пов-стью сорбента (матрицей геля); ΔS – уменьшение энтропии при переходе макромолекулы из р-ра в поры; T – абс. т-ра. Разделение макромолекул происходит в эксклюзионном режиме, когда $-\Delta G < 0$, а K_d зависящий от соотношения размеров макромолекул и пор, меньше 1.

В критич. условиях, когда при переходе макромолекул из р-ра в поры сорбента энергия Гиббса не изменяется ($-\Delta G = 0$), происходит полная компенсация потери энтропии макромолекулы благодаря увеличению энтальпии: $-\Delta H = -T\Delta S$, т.е. переход макромолекулы из р-ра в поры энергетически безразличен. При $-\Delta G > 0$ и $K_d > 1$ наблюдается адсорбционная хроматография. В критич. условиях все макромолекулы, независимо от M , имеют $K_d = 1$ и, не разделяясь, выходят из колонки при $V_R = V_T$. В эксклюзионной области при $-\Delta G < 0$ макромолекулы с большей M сильнее вытесняются из пор, т.к. их энтропия при переходе из р-ра в поры уменьшается в большей степени.

На рис. 3 показаны кривые зависимости $-\Delta G$ от энергии взаимод. –е сегментов макромолекулы (см. *Макромолекула*) с пов-стью сорбента. Эти кривые для макромолекул с разным числом сегментов (N) пересекаются в точке критич. энергии $-\epsilon = -\epsilon_{cr}$. Кривые левее точки $-\epsilon = -\epsilon_{cr}$ относятся к режиму Э. х. Отсюда ясно, что Э. х. включает значит. область энергетич. зависимостей $-\Delta G = -\Delta H + T\Delta S$, где $-\Delta H$ имеет значения от $-\infty$ до $-\Delta H = -T\Delta S$. Чем меньше $-\epsilon$, тем больше изменение $-\Delta G$ при попадании макромолекулы в поры и, следовательно, разделение макромолекулы более селективно.

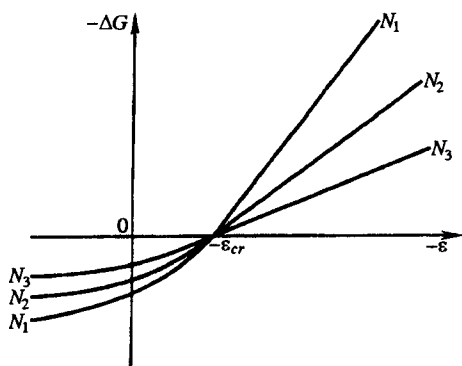


Рис. 3. Зависимость $-\Delta G$ и $-\epsilon$ для разных N ($N_1 > N_2 > N_3$).

Гетерополимеры (сополимеры, функциональные олигомеры) можно анализировать как с помощью Э. х. (когда у всех компонентов $-\epsilon < -\epsilon_{cr}$), так и в условиях, когда у одного из компонентов $-\epsilon = -\epsilon_{cr}$. В этих (критических) условиях указанный компонент представляет хроматографич. «невидимку» (его K_d не зависит от M). Последнее позволяет по законам Э. х. анализировать ММР отдельных блоков блок-сополимера, ММР функциональных олигомеров (отдельно для каждого типа функциональности), а вблизи критич. условий ($-\epsilon < -\epsilon_{cr}$) получать с помощью Э. х. ММР олигомеров для каждого типа функциональности.

У макромолекул, несущих электрич. заряд (полиэлектролитов), наблюдаются схожие, но более сильные изменения $-\Delta G$ в зависимости от рН и ионной силы элюента. Это происходит благодаря увеличению размеров молекул полиэлектролитов при их диссоциации и проявлению кулоновских взаимод. между зарядами на больших расстояниях, чем в случае действия дисперсионных или электростатич. сил. При увеличении рН выше 4 пов-сть силикагеля приобретает отрицательный заряд. Взаимод. с ней нейтральной макромолекулы остается эксклюзионным (режим Э. х.), поликатион адсорбируется благодаря ионообменной сорбции, а полиани-

он исключается из пор по законам ионной эксклюзии значительно сильнее, чем при обычной эксклюзии.

Для подавления нежелательных для Э. х. явлений ионной эксклюзии и ионообменной сорбции модифицируют пов-сть сорбентов (для придания ей нейтрального заряда при рН > 4), увеличивают ионную силу р-рителя, ослабляя кулоновские взаимод., добавляют орг. р-рители, смещая тем самым рК полиэлектролита или изоэлектрич. точку у полиамфолитов. С др. стороны, ионообменную сорбцию и ионную эксклюзию можно использовать для разделения нейтральных макромолекул, полианионов и поликатионов одного размера. Поскольку диссоциация полиэлектролитов увеличивается с разбавлением их р-ров, то при Э. х. макромолекулы на краях хроматографич. колонки, где их концентрация мала, диссоциируют и движутся по колонке не по законам Э. х., а по законам ионообменной сорбции и ионной эксклюзии в зависимости от заряда пов-сти сорбента и макромолекулы, что приводит к искажению формы кривой зависимости V и M (рис. 4), а также позволяет диагностировать наличие того или другого процесса.

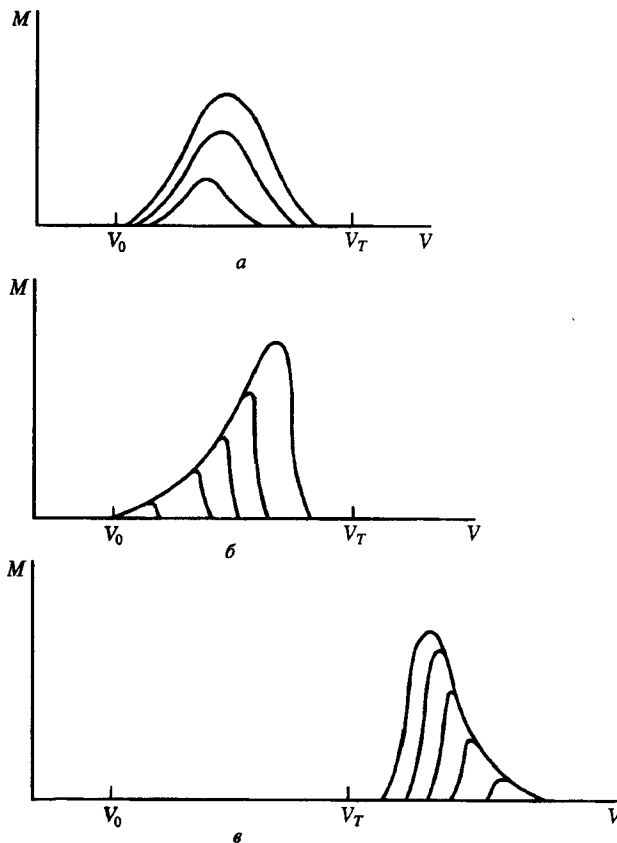


Рис. 4. Эксклюзионная хроматография нейтральных макромолекул (а) и полиэлектролитов: ионная эксклюзия (б), ионообменная сорбция (в).

Эффекты, аналогичные ионообменной сорбции, но только в более слабой степени, могут наблюдаться при гидрофобных взаимод. макромолекулярных сегментов с модифицированной гидрофобными радикалами пов-стью сорбента или при электростатич. взаимод. поверхностных силикольных гидроксигрупп с функциональными группами полярных макромолекул. Все эти эффекты должны подавляться при проведении Э. х.

Техника Э. х. Для разделения макромолекул в режиме Э. х. используют колонки двух типов: работающие в узком ($\Delta M = 10^2$) и широком ($\Delta M = 10^4 - 10^5$) диапазонах. Колонки широкого диапазона M имеют широкое распределение пор

сорбента по размерам (бимодальное, тримодальное). Это распределение подбирается т. обр., чтобы при заданных степени линейности калибровочной мол.-массовой зависимости и диапазона масс обеспечивалась наиб. степень селективности C_2 . Можно также составлять колонки для широкого диапазона M из колонок первого типа.

Разные типы полимеров требуют спец. р-рителей для Э. х. Наиб. универсальный р-ритель – ТГФ (для Э. х. полибутадина, полистирола, полиметакрилата, полиакрилатов). ТГФ имеет низкую вязкость, однако требует очистки от пероксидов. Толуол, хлороформ и метилэтилкетон также широко используют в Э. х. полимеров. Для Э. х. полиолефинов применяют *o*-дихлорбензол и 1,2,4-трихлорбензол, а для полиакрилонитрила, полиэфиров и полиамидов – *m*-крезол, фторированные спирты и *k*-ты.

Калибровку колонок в диапазоне масс $5 \cdot 10^2 - 1,5 \cdot 10^7$ осуществляют с помощью стандартных узкодисперсных полистиролов. Выпускают также стандарты полиметилметакрилата, полиизопрена, полиэтилена, полиэтиленгликоля и биополимеров (декстран и др.).

Э. х. осуществляется с помощью хроматографа, детектором служит спектрофотометр или проточный рефрактометр с предельной чувствительностью $5 \cdot 10^{-8}$ ед. рефракции, что соответствует концентрации полимера $5 \cdot 10^{-5}\%$. Обычно прибор работает при комнатной *t*-ре, однако Э. х. полиолефинов требует повышенной *t*-ры, что способствует увеличению селективности разделения, эффективности колонок и скорости анализа вследствие уменьшения вязкости подвижной фазы. Совр. хроматографы комплектуются автоматич. устройством для приготовления (растворение полимера, фильтрация *p*-ра) и ввода пробы, компьютером для интерпретации результатов анализа ММР. Концентрацию пробы (*c*) следует уменьшать с ростом M полимера: для полимера с $M \leq 10^4$ $c = 0,25\%$ по массе, $3 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^4$ $c = 0,1\%$, $4 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^6$ $c = 0,05\%$, $M > 2 \cdot 10^6$ $c = 0,01\%$.

Применение комбинации рефрактометрич. детектора и детектора многоугольного рассеяния света – фотометра позволяет определять ММР и индексы разветвленности без калибровки хроматографа по полимерным стандартам.

Э. х. применяют для исследования и выделения полимеров в диапазоне $M 10^2 - 2 \cdot 10^7$. Наилучшая селективность достигнута для олигомеров – выделяют олигомергомологи с числом звеньев до 10–15. Особенность Э. х. олигомеров состоит в том, что на хроматограмме выходят пики для каждого из олигомергомологов, присутствующих в олигомере. Поэтому можно определять ММР олигомера без калибровки колонок, если известна M одного или неск. олигомергомологов.

При гель-фильтрации белков необходимо принимать меры для предотвращения их адсорбции на сорбенте и не допускать их денатурации. В отличие от Э. х. синтетич. полимеров и олигомеров, используемой гл. обр. в аналит. целях, гель-фильтрация белков – один из важнейших способов их выделения и очистки. Разделение белков по M при гель-фильтрации ниже, чем при гель-проникающей хроматографии синтетич. полимеров, т.к. для белков $R \approx M^{1/3}$, а для гибкоцепных полимеров $R \approx M^{1/2}$. Можно повысить чувствительность определения M белков методом гель-фильтрации, если проводить ее в условиях денатурации: в б M *p*-ре гуанидинхлорида ($R \approx M^{1/2}$) или в *p*-ре додецилсульфоната Na ($R \approx M$).

Гель-фильтрацию открыли в 1959 Д. Порат и П. Флодин, к-рые показали возможность фракционирования водорастворимых макромолекул, в т. ч. белков, по мол. массе, в качестве сорбента они использовали сшитый декстрановый гель. В 1964 Д. Мур предложил с помощью гель-проникающей хроматографии определять ММР полимеров, фракционируя их на стирол-дивинилбензолном геле.

Лит.: Беленский Б. Г., Виленич Л. З., Хроматография полимеров, М., 1978; Нефедов П. П., Лавренко П. Н., Транспортируемые методы в аналитической химии полимеров, Л., 1979; Энгелис С. Г., Евсеев В. В., Кузавев А. И., Реакционноспособные олигомеры, М., 1985; Yau W. W., Kirkland J., Bly D., Modern size-exclusion liquid chromatography, N. Y., 1979; Belenkii B. G., Vilenchik L. Z., Modern liquid chromatography of macromolecules, Amst., 1983.

Б. Г. Беленский.

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНА, программируемый геномом процесс биосинтеза белков и(или) РНК. При синтезе белков Э. г. включает *транскрипцию* – синтез РНК с участием фермента РНК-полимеразы; *трансляцию* – синтез белка на матричной рибонуклеиновой кислоте, осуществляемый в рибосомах, и (часто) *посттрансляционную модификацию белков*. Биосинтез РНК включает транскрипцию РНК на матрице ДНК, созревание и *сплайсинг*. Э. г. определяется регуляторными последовательностями ДНК; регуляция осуществляется на всех стадиях процесса. Уровень Э. г. (кол-во синтезируемого белка или РНК) строго регулируется. Для одних генов допустимы вариации, иногда в значит. пределах, в то время как для других генов даже небольшие изменения кол-ва продукта в клетке запрещены. Нек-рые заболевания сопровождаются повышенным уровнем Э. г. в клетках пораженных тканей, напр. определенных белков, в т. ч. онкогенов при онкологич. заболеваниях, антител при аутоиммунных заболеваниях.

Различают Э. г.: 1) конститутивную – происходящую в клетке независимо от внешних обстоятельств. Сюда относят экспрессию генов, определяющих синтез макромолекул, необходимых для жизнедеятельности всех клеток, и спец. генов (тканеспецифичная Э. г.), характерных для конкретного вида клеток. 2) Индуцибельная Э. г. определяется действием к.-л. агентов – индукторов. Ими м. б. гормоны, ростовые в-ва и в-ва, определяющие дифференцировку клеток (напр., ретиноевая к-та). Индукция может происходить на определенной стадии развития организма, в определенной ткани; время и место индукции регулируются геномом. Как правило, изменения в Э. г. носят необратимый характер, по крайней мере в нормальных клетках. У раковых и трансформированных клеток эта закономерность может нарушаться. В роли индукторов м. б. также и факторы внешней среды, напр. изменение *t*-ры, питательные в-ва. После прекращения действия индуктора первоначальная картина Э. г. восстанавливается (временная Э. г.).

Большое значение Э. г. имеет в оптимизации синтеза белков методами генетич. инженерии. В качестве продуцента используют бактерии, дрожжи, растительные и животные клетки и даже живые организмы, такие организмы называют трансгенными. Искусственные гены конструируются таким образом, чтобы получить макс. кол-во желаемого продукта с миним. затратами, другими словами, чтобы достичь максимально высокого уровня экспрессии активного белка. Для сильной экспрессии в искусств. гене используют «сильные» регуляторные последовательности генов, обеспечивающие наибольшую продукцию белка. Часто эти последовательности ДНК имеют вирусное происхождение. Описаны случаи экспрессии целевого продукта в бактериях до уровня 50% от всего клеточного белка. Как правило, суперэкспрессированные белки нерастворимы и секретируются в периплазматич. пространство бактерии. Особую сложность представляет получение белков, токсичных для клетки. В таких случаях используют строго индуцибельные системы (напр., РНК-полимеразу фага Т7 и ген с промотором для нее) или системы, позволяющие быстро выводить продукт наружу (секретирующие системы). Тем не менее, достичь высокой продукции нек-рых белков все же не удается. Наиб. дорогим является получение белков в животных клетках.

В. В. Шик.

ЭКСПРЕСС-ТЕСТЫ, методы и средства быстрого, простого и относительно недорогого массового хим. и биохим. анализа, обычно вне лабораторий. Малогабаритными «карманными» ср-вами без подготовки большого числа проб, использования нетранспортабельных *p*-ров, промоздких приборов и оборудования обнаруживают или определяют в-ва на месте нахождения изучаемого объекта. При этом осуществляется качеств. или количеств. анализ. Э.-т. позволяют производить хим. анализ в полевых условиях, на пром. и с.-х. предприятиях, в лечебных учреждениях и домашних условиях. Особенно часто Э.-т. применяют для экспресс-контроля и оперативного анализа объектов окружающей среды и медицины.

Общий принцип Э.-т. – использование цветных *p*-ций хромогенных реагентов, нанесенных на разл. адсорбенты (бумагу,

силикагель, прессованные волокнистые или пористые многослойные материалы и т. п.); условия и форма проведения анализа обеспечивают визуально наблюдаемый цветовой переход в реакц. зоне, сравниваемый с к.-л. цветным стандартным образцом или шкалой, цветным перемещающимся компаратором и т. п.

Для Э.-т. используют *реактивные индикаторные бумаги* (РИБ), *индикаторные трубки* (ИТ), прозрачные или покрытые порошком пленки, пенокубики, тампоны, карандаши, ампульные или капельные приспособления, спец. диски, пробирки с двухфазными аналит. зонами и др.

Результаты, полученные с помощью Э.-т., сопоставимы по чувствительности и точности с традиционными инструментальными методами анализа. Иногда для анализа применяют минифотометры (масса до 0,5 кг) с цифровым электронным дисплеем и кассетой для ввода аналит. полос или дисков, а также миниатюрные приборы, с помощью к-рых можно одновременно измерять оптич. плотности реакц. зон неск. Э.-т.

Наиб. часто используют РИБ (в т. ч. на полимерных подложках) с адсорбционно или ковалентно связанными кислотн.-основными индикаторами, различающимися по диапазону рН. При анализе жидкостей или газов с помощью РИБ и ИТ можно определять мн. орг. в-ва (напр., альдегиды, амины, гидразины, спирты, ПАВ), большое кол-во неорг. ионов, а также H_2O , H_2O_2 , H_2S , SO_3 , Cl_2 .

В мед. практике применяют спец. диагностич. Э.-т. (диагностикумы) для определения белка, глюкозы, гемоглобина, кератина, лейкоцитов, холестерина, триглицеридов, ферментов, нитрит-ионов и др. в крови, моче и др. средах.

Получение и хранение ряда форм Э.-т. требует соблюдения стерильности и пониженной т-ры.

Лит.: Островская В.М., Реактивные индикаторные средства (РИС) для многоэлементного тестирования воды, М., 1992; Золотов Ю.А., в сб.: Тезисы докладов Всероссийской конференции «Экоаналитика-94», Краснодар, 1994; Kitter D., Schnelltests in der klinischen Diagnostik, Munch., 1976; Zipp A., Hornby W.E., «Talanta», 1984, v. 31, p. 863-77; Koch E., «Analytiker Taschenbuch», 1985, № 5, S. 183-97; Schnelltests Handbuch, Merck, Darmstadt, 1986. В.М. Островская.

ЭКСТЕНСИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, см. *Параметры состояния*.

ЭКСТРАГИРОВАНИЕ (от лат. *extraho* – вытягиваю, извлекаю), перевод одного или неск. компонентов из твердого пористого тела в жидкую фазу с помощью избират. р-рителя (экстрагента); один из массообменных процессов хим. технологии. Наряду с термином «Э.» часто применяют термин «выщелачивание» (в англоязычной литературе «leaching»), назв. к-рого происходит от слова «щелочь». Действительно, в нек-рых технол. процессах извлечения р-р содержит щелочь; однако во мн. иных аналогичных процессах, также наз. «выщелачиванием», щелочь вообще не используется. Поэтому термин «Э.», под к-рым понимают извлечение в системе твердое тело – жидкость, следует считать более общим и предпочтительным.

Э. существенно отличается от *экстракции жидкостной*, к-рая протекает в гетерог. системе жидкость – жидкость. При Э. размеры твердых тел задаются предшествующими операциями (измельчение).

Различают два принципиально разных способа извлечения: Э. растворенного в-ва и Э. твердого в-ва. В случае Э. растворенного в-ва пористый объем твердого тела заполнен р-ром целевого компонента, к-рый при извлечении диффундирует за пределы пористого тела в экстрагент. Классич. пример – извлечение сахара из свежескошенной стружки при ее обработке горячей водой. Э. твердого в-ва происходит, если целевой компонент, заполняющий пористый объем твердого тела, находится в твердом состоянии. При обработке твердого тела экстрагентом диффузионной стадии предшествует стадия растворения целевого компонента. В обоих случаях пористый инертный скелет либо остается в неизменном виде, либо подвергается определенным изменениям.

К осн. стадиям Э. относят: 1) подготовку сырья и экстрагента (очистка и измельчение сырья, нагревание р-рителя);

2) непосредственное контактирование твердой и жидкой фаз в аппарате, наз. *экстрактором*; 3) разделение системы: твердая фаза – р-р (отстаивание, фильтрование, центрифугирование).

Пром. экстрагенты должны обладать высокой избирательностью, легко регенерироваться и быть сравнительно дешевыми. Таким требованиям отвечают вода, этанол, бензин, бензол, CCl_4 , ацетон, р-ры к-т, щелочей и солей.

На скорость и механизм Э. существенно влияет структура твердых пористых тел, особенности строения к-рых определяются их природой и технол. обработкой на стадиях. предшествующих Э. Такие тела могут обладать изотропной или анизотропной структурой. Изотропные тела имеют одинаковое строение во всех направлениях. Этому условию отвечают тела, состоящие из весьма малых сцемментированных между собой частиц, а также тела животного или растит. происхождения, обладающие клеточным строением. При измельчении изотропных тел возможно появление анизотропии. Для анизотропных тел может наблюдаться регулярная анизотропия. Так, в случае растит. объектов, имеющих систему капилляров, направление вдоль капилляра предпочтительно для диффузионного переноса в сравнении с направлением, перпендикулярным к капилляру. При нерегулярной анизотропии тело можно рассматривать как совокупность емкостей, отделенных одна от другой непроницаемыми перегородками. Особенно неблагоприятно для Э. существование замкнутых областей, изолирующих заключенную в них жидкость от экстрагента.

В соответствии со вторым началом термодинамики при взаимодействии твердой и жидкой фаз их состояние изменяется в направлении достижения равновесия, к-рое характеризуется равенством хим. потенциалов извлекаемого в-ва в объеме твердого тела и в осн. массе экстрагента. При извлечении растворенного в-ва это равносильно равенству его концентраций в обеих фазах: условие нарушается, если целевой компонент адсорбируется твердой фазой, тогда равновесие определяется изотермой адсорбции (см. *Адсорбция*). При извлечении твердого в-ва равновесие обусловлено р-римостью целевого компонента, находящегося в контакте с экстрагентом; при полном извлечении твердого компонента его концентрации в осн. массе р-ра и в пористом объеме выравниваются.

Кинетически Э. подчиняется законам массообмена, конвективной и мол. диффузии (см. *Диффузия*), а также законам переноса извлекаемого в-ва из твердой фазы в жидкую (см. *Переноса процессы*). Движущая сила переноса целевого компонента – разность его хим. потенциалов в фазах. На практике для упрощения связи между скоростью процесса и составом материальных потоков движущую силу Э. выражают через переменный во времени градиент концентраций извлекаемого в-ва в фазах.

Массообмен при извлечении растворенного вещества. Концентрационное поле в объеме сферич. пористой частицы радиусом R (наиб. распространенный случай) с изотропной структурой м.б. описано дифференц. ур-нием диффузии в сферич. координатах:

$$\partial c / \partial t = D(\partial^2 c / \partial r^2) + (2/r)(\partial c / \partial r), \quad (1)$$

где c – концентрация в-ва, растворенного в пористом объеме твердого тела (целевого компонента); t – время; D – коэф. диффузии в-ва в порах частицы; r – радиальная координата ($0 \leq r \leq R$).

Диффундирующий из глубины пористого тела целевой компонент достигает его границ и переходит в экстрагент. Этот процесс выражается ур-нием:

$$-D(\partial c / \partial r)_{r=R} = K(c_{r=R} - c_1), \quad (2)$$

где K – коэф. массоотдачи; $c_{r=R}$, c_1 – соотв. концентрация в-ва на пов-сти частицы и текущая концентрация в-ва в объеме экстрагента. Вводя безразмерные параметры $\phi = r/R$ и $Bi = KR/D$, преобразуем ур-ние (2) к виду:

$$(\partial c / \partial \phi)_{\phi=1} = Bi(c_{r=R} - c_1). \quad (3)$$

Из ур-ния (3) становится ясным физ. смысл параметра Bi (диффузионное число Био; см. *Подобия теории*). При $Bi \rightarrow \infty$ параметр $c_{r=R} \rightarrow c_1$, т. е. концентрация в-ва на поверхности частицы равна его концентрации в р-ре. Такие условия отвечают внутридиффузионному режиму (мол. диффузия), при к-ром экстракц. процесс протекает наиб. интенсивно. При $Bi \ll 1$ производная dc/dr мала и $c = \text{const}$; соответствующий режим, наз. внешдиффузионным (конвективная диффузия), достигается увеличением скорости обтекания твердых частиц жидкостью. Подбирая определенные условия, для обеспечения макс. интенсивности Э. можно перевести внешдиффузионный режим во внутридиффузионный.

Систему ур-ний (1) и (2) необходимо решать совместно с ур-нием материального баланса, устанавливающим зависимость между c и c_1 . Эта зависимость определяется схемой взаимод. фаз при Э. (прямоток, противоток). Для прямоточного процесса:

$$V(c_0 - \bar{c}) = W(c_1 - c_n), \quad (4)$$

где V и W – соотв. объем всех пор твердого тела, содержащих р-р, и экстрагента, поступающего в единицу времени в экстрактор; c_0 – начальная концентрация целевого компонента в порах; c_n – начальная концентрация целевого компонента в экстрагенте; \bar{c} – осредненная (к моменту времени t) концентрация целевого компонента в пористом объеме. Последняя составляет:

$$\bar{c} = \frac{1}{4/3\pi R^3} \int_0^R c 4\pi r^2 dr.$$

Для противоточного процесса:

$$V(c_0 - \bar{c}) = W(c_k - c_1), \quad (5)$$

где c_k – конечная концентрация целевого компонента в экстрагенте на выходе из экстрактора.

Система ур-ний (4) и (5) имеет решение:

$$\frac{c_0 - \bar{c}}{c_0 - c_m} = \frac{1}{(1 + \beta)} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{6}{(3\beta - \mu_n^2 / Bi)^2 - \mu_n^2 (1 - Bi^{-1}) + 9\beta} e^{-\mu_n^2 \tau}, \quad (6)$$

где $\tau = Dt/R^2$; $\beta = W/V$; $t = l/v$ (l – длина аппарата, v – скорость перемещения твердой фазы); μ_n – корни характеристич. ур-ния $\text{ctg } \mu = \mu^{-1} + (3\beta/\mu - \mu/Bi)^{-1}$; $c_m = c_n$ при $\beta > 0$ (прямоток) и $c_m = c_k$ при $\beta < 0$ (противоток).

Массообмен при извлечении твердого вещества. Возможны разл. варианты распределения твердого целевого компонента по объему частицы; во мн. случаях наблюдается равномерное распределение. Вследствие растворения в-ва и диффузии его за пределы частицы область, содержащая твердый целевой компонент, при Э. систематически сокращается. Процесс описывается ур-нием (1) при крайних условиях: $c|_{r=R} = c_1$ и $c|_{r=r_0} = c_s$, где r_0 – радиус сферы, в к-рой целевой компонент сохраняется в твердом виде; c_s – концентрация насыщения р-ра целевым компонентом.

Вместо решения задачи с подвижной границей раздела фаз можно использовать также приближенное ур-ние:

$$\frac{\partial (4/3 \pi r_0^3 M)}{\partial t} = D 4\pi r_0^2 \left(\frac{\partial c}{\partial r} \right)_{r=R}, \quad (7)$$

где M – масса твердого целевого компонента в объеме частицы.

Рассматривая медленный процесс извлечения твердого в-ва как квазистационарный, т. е. такой, при к-ром в каждый момент времени «успевает» установиться стационарное распределение концентраций в виде $[(c_s - c)/(c_s - c_1)] = [(1 - r_0/r)/(1 - r_0/R)]$, находят:

$$1/6 - \varphi_0^2/2 + \varphi_0^3/3 = [(c_s - c_1)/M](Dt/R^2), \quad (8)$$

где $\varphi_0 = r_0/R$. Из ур-ния (8) определяют время t , извлечения всего в-ва из частицы радиусом R :

$$t_0 = 1/6 [M/(c_s - c_1)](R^2/D). \quad (9)$$

Более общую задачу непрерывного Э. (прямоток, противоток) решают, используя ур-ния материального баланса (4) и (5).

Аппаратурное оформление процесса

По взаимному направлению движения твердой фазы и экстрагента экстракторы подразделяют на прямоточные и противоточные, по режиму работы – на аппараты периодического, полунепрерывного и непрерывного действия.

Экстракторы периодического и полунепрерывного действия. Наиб. распространены камерные аппараты (реакторы) с мех., пневматич. или пневмомех. перемешиванием, а также т. наз. настоящие чаны с неподвижным слоем твердых частиц с циркуляцией (перколяторы) и без циркуляции экстрагента. Аппараты для Э. в плотном слое обычно располагаются вертикально и имеют комбинир. форму: в осн. части цилиндрическую, с одного или обоих концов – форму усеченного конуса (рис. 1, а). На решетку сверху загружается слой твердого материала, через к-рый сверху вниз протекает экстрагент; для выгрузки твердого остатка служит откидное днище.

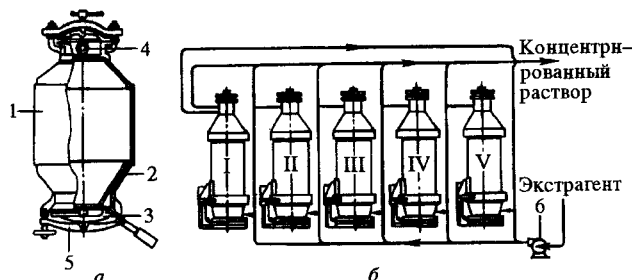


Рис. 1. Экстракторы периодического действия: а – единственный аппарат; б – батарея аппаратов (I–V); 1 – корпус; 2 – ложное днище (решетка); 3 – откидное днище; 4 – штуцер для ввода свежего экстрагента; 5 – штуцер для отвода концентрированного р-ра; 6 – насос.

Последоват. соединение 4–16 таких аппаратов в батарею (рис. 1, б) позволяет перейти к полунепрерывной противоточной схеме. Благодаря замкнутой системе коммуникаций удается периодически отключать от циркуляц. системы один из аппаратов, освобождать его от полностью истощенного материала и заполнять свежим. Далее этот аппарат снова включают в систему циркуляции и подают в него наиб. обогащенный экстрагент, прошедший через все остальные аппараты; затем отключают след. аппарат, в к-рый до этого поступал чистый экстрагент, и т. д. С увеличением числа аппаратов процесс приближается к непрерывному.

Гл. недостатки описанных экстракторов, к-рые продолжают широко применяться в хим. произ-вах: большие затраты ручного труда при их эксплуатации, значит. потери экстрагируемого в-ва при выгрузке, высокая металлоемкость, трудность регулирования работы. Экстракторы периодич. действия используют в произ-ве небольших партий фармацевтич. препаратов, настоев, морсов и др. Экстракторы полунепрерывного действия (батарея аппаратов) малоэффективны, громоздки и сложны в обслуживании.

Экстракторы непрерывного действия. К осн. экстракторам относятся шнековые и ленточные аппараты. Шнековый экстрактор (рис. 2) представляет собой трехколонный аппарат с транспортирующим органом шнекового типа. Твердая фаза последовательно перемещается через загрузочную, горизонтальную и экстракц. колонны навстречу движущемуся экстрагенту. В верх. части загрузочной колонны имеется сито для отделения экстракта от твердой фазы. Достоинства аппарата – малая металлоемкость и небольшая занимаемая площадь. Недостатки обусловлены конструкцией шнека, вокруг вала к-рого закручивается твердый материал; поэтому иногда шнек заменяют цепным транспортирующим органом.

Ленточный экстрактор (рис. 3) имеет стальной корпус, внутри к-рого расположен транспортер с перфорир. лентой. Подаваемый в аппарат материал движется слоем

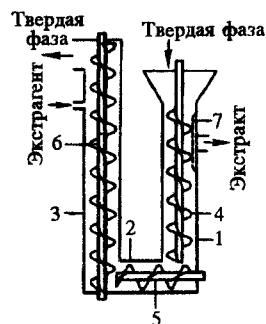


Рис. 2. Шнековый экстрактор непрерывного действия: 1, 2, 3 – загрузочная, горизонтальная и экстракт. колонны; 4–6 – шнеки; 7 – разделит. сито.

высотой 0,6–1,2 м по верх. ветви транспортера. Для равномерного распределения экстрагента по пов-сти материала над слоем размещены распылители. Пройдя через слой материала, р-р поступает в воронку, откуда насосом подается в смежную зону, к-рая расположена в направлении, противоположном движению ленты. Распространены также роторные аппараты карусельного типа, реализующие тот же принцип действия.

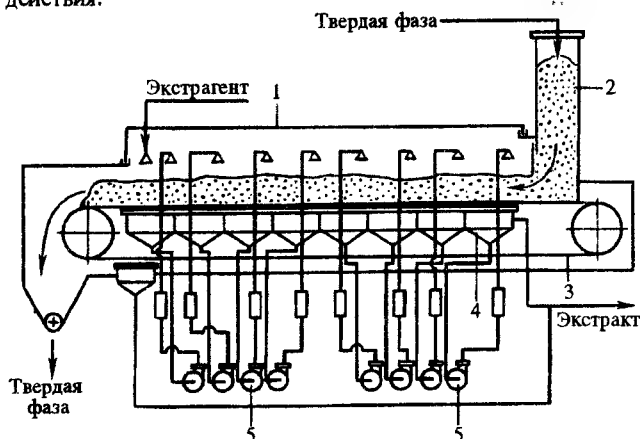


Рис. 3. Ленточный экстрактор непрерывного действия: 1 – корпус; 2 – бункер; 3 – ленточный транспортер; 4 – воронка; 5 – насосы.

Преимущества экстракторов непрерывного действия, применяемых в многотоннажных произ-вах, перед периодически функционирующими аппаратами: более высокий коэф. массоотдачи от пов-сти твердых частиц к экстрагенту; полное исключение ручного труда при обслуживании; возможность создания экстрактов большой единичной мощности и автоматизации Э.

Интенсификация процесса

По сравнению с растворением Э. протекает медленнее. Для его интенсификации целесообразны след. способы:

1. Повышение т-ры экстрагента. Приводит к увеличению коэф. диффузии, что ускоряет извлечение растворенного и твердого в-в; в последнем случае возрастает и движущая сила процесса $c_2 - c_1$ [см. ур-ние (8)]. При повышении т-ры снижается также вязкость экстрагента, вследствие чего уменьшаются потери напора на прокачку р-рителя через слой извлекаемого в-ва.

2. Повышение относит. скорости движения фаз. Способствует увеличению коэф. массоотдачи, что сокращает время Э. (если процесс не лимитируется внутр. диффузией).

3. Интенсивное перемешивание. Приводит к обновлению пов-сти контакта твердых частиц с экстрагентом (эффективно при внешнелеточном сопротивлении).

4. Повышение давления. Уменьшает объем воздуха, «защемленного» в пористом объеме частиц при погружении твердого в-ва в экстрагент, и, следовательно, восстанавливает нарушенный при этом контакт внутр. пов-сти частиц с жидкостью.

5. Подвод энергии (вибрации, пульсации, ультразвуковые и инфразвуковые колебания).

Кроме того, при хим. р-циях между в-вом и экстрагентом процесс можно ускорить, повышая концентрацию извлекаемого в-ва.

Э. используют: а) для извлечения соед. редких металлов, урана, серы и др. из руд; б) для извлечения из пористых продуктов спекания разл. в-в (произ-во глинозема, NaF и т. д.); в) для выделения орг. соед. из растит. сырья в произ-вах сахара, растит. и эфирных масел, р-римых кофе и чая, лек. ср-в и др.; г) для образования пористых структур путем добавления и послед. извлечения р-римоного в-ва после фиксации структуры (напр., в произ-ве пористых пластмасс, применяемых как изоляц. материал).

Лит.: Аксельруд Г.А., Лысянский В.М., Экстрагирование. Система твердое тело – жидкость, Л., 1974; Романков П.Г., Курочкина М.И., Экстрагирование из твердых материалов, Л., 1983; Романков П.Г., Фролов В.Ф., Массообменные процессы химической технологии, Л., 1990, с. 117–48.

Г.А. Аксельруд.

ЭКСТРАКЦИОННАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ, см. Жидкостная хроматография.

ЭКСТРАКЦИЯ ЖИДКОСТНАЯ (позднелат. *extractio* – извлечение, от *extraho* – вытягиваю, извлекаю), перевод одного или неск. компонентов р-ра из одной жидкой фазы в контактирующую и не смешивающуюся с ней др. жидкую фазу, содержащую избират. р-ритель (экстрагент); один из массообменных процессов хим. технологии. Используется для извлечения, разделения и концентрирования растворенных в-в.

Экстрагенты обеспечивают переход целевых компонентов из исчерпываемой (тяжелой) фазы, к-рая чаще всего представляет собой водный р-р, в извлекающую (легкую) фазу (обычно орг. жидкость). Две контактирующие жидкие фазы и распределяемый между ними целевой компонент образуют экстракц. систему. Извлекающая фаза включает только экстрагент (или смесь экстрагентов) либо является р-ром одного или неск. экстрагентов в разбавителе, служащем для улучшения физ. (вязкость, плотность) и экстракц. св-в экстрагента. В качестве разбавителей используют, как правило, жидкости (керосин, бензол, хлороформ и др.) либо их смеси, к-рые в исчерпываемой фазе практически нерастворимы и инертны по отношению к извлекаемым компонентам р-ра. Иногда к разбавителям добавляют модификаторы, повышающие р-римость экстрагируемых компонентов в извлекающей фазе или облегчающие расслаивание фаз (спирты, кетоны, трибутилфосфат и т. д.).

К осн. стадиям Э. ж. относятся: 1) приведение в контакт и диспергирование фаз; 2) разделение или расслаивание фаз на экстракт (извлекающая фаза) и рафинат (исчерпываемая фаза); 3) выделение целевых компонентов из экстракта и регенерация экстрагента, для чего наряду с дистилляцией наиб. часто применяют реэкстракцию (процесс, обратный Э. ж.), обрабатывая экстракт водными р-рами в-в, обеспечивающих полный перевод целевых компонентов в р-р или осадок и их концентрирование; 4) промывка экстракта для уменьшения содержания и удаления механически захваченного исходного р-ра.

В любом экстракц. процессе после достижения требуемых показателей извлечения фазы должны быть разделены. Эмульсии, образующиеся при перемешивании, обычно термодинамически неустойчивы, что обусловлено наличием избыточной своб. энергии вследствие большой межфазной пов-сти. Последняя уменьшается из-за коалесценции (слияния) капель дисперсной фазы. Коалесценция энергетически выгодна (особенно в бинарных системах) и происходит до тех пор, пока не образуются два слоя жидкости (см. Коалесценция, Тонкие пленки).

Разделение эмульсий осуществляется, как правило, в две стадии. Сначала довольно быстро осаждаются (всплывают) и коалесцируют крупные капли. Значительно более мелкие капли остаются в виде «тумана», к-рый отстаивается довольно долго. Скорость расслаивания зачастую определяет производительность аппаратуры всего экстракц. процесса. На практике для интенсификации разделения фаз используют цент-

робежные силы и применяют разл. устройства или насадки, к-рые располагают в отстойниках (см. ниже). В ряде случаев расслаиванию способствует электр. поле.

Осн. требования к пром. экстрагентам: высокая избирательность; высокая экстракц. емкость по целевому компоненту; низкая р-римость в рафинате; совместимость с разбавителями; легкость регенерации; высокие хим., а в ряде случаев и радиационная стойкость; негорючесть или достаточно высокая т-ра вспышки (более 60 °C); невысокая летучесть и низкая токсичность; доступность и невысокая стоимость.

Наиб. распространенные пром. экстрагенты подразделяют на след. классы: 1) нейтральные, извлечение к-рыми осуществляется по разным механизмам в зависимости от кислотности исходного р-ра, — вода, фосфорорг. соед. (гл. обр. трибутилфосфат), нефтяные сульфоксиды, насыщенные спирты, простые и сложные эфиры, альдегиды, кетоны и др.; 2) к-лые, к-рые извлекают катионы металлов в орг. фазу из водной, — фосфорорг. к-ты [ди(2-этилгексил)фосфорная к-та], карбоновые и нафтенновые к-ты, сульфокислоты, алкилфенолы, хелатообразующие соед. (гидроксиксимы, алкилгидроксимины, β-дикетоны); 3) основные, с помощью к-рых извлекают анионы металлов из водных р-ров, — первичные, вторичные, третичные амины и их соли, соли четвертичных аммониевых, фосфониевых и arsonиевых оснований и др.

Равновесие при экстракции

Термодинамически Э.ж. — самопроизвольный процесс выравнивания хим. потенциалов в-в в контактирующих фазах (см. *Фазовое равновесие*). Состояние равновесия характеризуется термодинамической константой распределения P_r , в общем случае описываемой выражением:

$$P_r = \bar{a}/a = \exp \{(\mu^0 - \bar{\mu}^0)/RT\}, \quad (1)$$

где $\bar{\mu}^0$ и \bar{a} — соотв. стандартный хим. потенциал и термодинамич. активность распределяемого компонента в извлекающей фазе; μ^0 и a — то же для распределяемого компонента в исчерпываемой фазе; R — универсальная газовая постоянная; T — т-ра.

Разность хим. потенциалов переносимых компонентов в фазах представляет собой движущую силу Э.ж. Точное определение хим. потенциалов в экстракц. системах в настоящее время затруднительно. Поэтому для упрощения инженерных расчетов за движущую силу процесса принимают разность Δc между фактическими (рабочими) и равновесными концентрациями целевого компонента в фазах.

Для экстракц. равновесий справедливо *фаз правило*. Его применение к простейшей экстракц. системе (двухфазной из трех компонентов) при условии, что т-ра и давление обычно не изменяются, дает вариантность системы (т.е. число ее термодинамич. степеней свободы), равную единице. Это означает, что существует взаимно однозначное соответствие между равновесными концентрациями распределяемого компонента в исчерпываемой (c) и извлекающей (\bar{c}) фазах. Благодаря этому для характеристики равновесного распределения используют кривую равновесия, или изотерму экстракции $\bar{c}=f(c)$, и коэффициент распределения $\alpha=\bar{c}/c$ (рис. 1 и 2). При существенной взаимной р-римости фаз для описания экстракц. равновесий вместо декартовых координат применяют более сложные диаграммы, напр. в плоскости равностороннего треугольника (см. также *Диаграмма состояния*).

По величине коэф. α судят об экстракц. способности экстрагента: чем больше этот параметр, тем выше способность данного р-рителя извлекать целевой компонент. В экстракц. системах коэф. α изменяется в широких пределах. Знание закономерностей экстракц. равновесий и ур-ний для их описания позволяет выбирать условия, обеспечивающие необходимые значения α .

Для характеристики экстракц. разделения двух в-в используют коэф. коэффициент разделения β , численно равный отношению соответствующих коэф. распределения этих в-в (обычно большего к меньшему) в экстракте и рафинате:

825

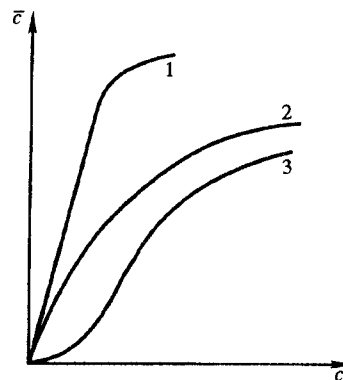


Рис. 1. Типичные изотермы экстракции неэлектролитов (1, 2) и электролитов (2, 3).

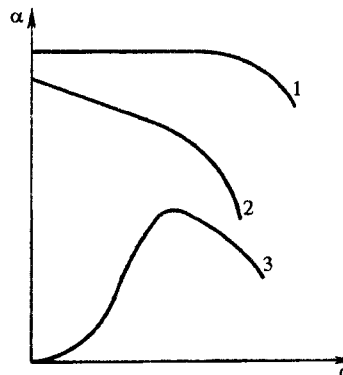


Рис. 2. Типичные зависимости $\alpha=f(c)$ при экстракции неэлектролитов (1, 2) и электролитов (2, 3).

$\beta = \alpha_1/\alpha_2$. Факторы, влияющие на экстракц. разделение, многочисленны и определяются не только закономерностями экстракц. равновесия, но и способом организации процесса (см. ниже). Напр., при однократном контакте фаз наилучшее разделение двух компонентов в состоянии равновесия достигается при макс. различии их степеней извлечения. Для практич. реализации разделения при многоступенчатой противоточной Э.ж. бывает достаточно $\beta = 1,5-2,0$ (разделение лантаноидов и др.).

На экстракц. равновесие сильное влияние оказывают также коэф. активности компонентов в фазах, что объясняется относительно небольшим изменением своб. энергии при экстракции (до 11 кДж/моль).

Ур-ние (1) — самое общее выражение, характеризующее экстракц. равновесие. Вид этого ур-ния применительно к конкретной экстракц. системе обусловлен природой и состоянием в-в в фазах. По данным признакам различают распределение в след. экстракц. системах: неэлектролит — неэлектролит, электролит — неэлектролит, электролит — электролит.

Экстракция в системах неэлектролит — неэлектролит. Для этих систем, в к-рых экстракция не сопровождается хим. р-циями, характерно т. наз. физическое распределение, обусловленное сравнительно слабыми ван-дер-ваальсовыми взаимод. экстрагента с извлекаемым в-вом. В этом случае:

$$P_r = \bar{\gamma}/\gamma, \quad (2)$$

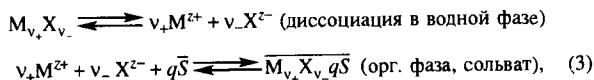
где $\bar{\gamma}$ и γ — коэф. активности экстрагируемого в-ва соотв. в извлекающей и исчерпываемой фазах. При $\bar{\gamma} \rightarrow 1$ и $\gamma \rightarrow 1$ коэф. $\alpha \rightarrow P_r$ (закон Берто-Нернста). Выражению (2) отвечают начальные участки равновесных кривых 1 на рис. 1 и 2. Отклонения от линейности в области больших концентраций вызваны изменениями коэф. активности в-в в фазах.

826

Экстракция в системах электролит – неэлектролит, в к-рых электролит диссоциирует в водной фазе, возможна лишь при условии образования сравнительно прочной хим. связи (энергия связи 40–200 кДж/моль) между экстрагентом и извлекаемым компонентом. Количеств. описание экстракц. равновесий в данных системах основано на применении действующих масс закона. Хим. связь между извлекаемым компонентом и экстрагентом м. б. образована в результате р-ций присоединения (по сольватному или гидратно-сольватному механизму), катионного или анионного обмена, а также разл. сочетаний этих процессов.

Сольватный и гидратно-сольватный механизмы типичны для нейтральных экстрагентов. Реализация каждого механизма зависит от соотношения между своб. энергиями гидратации извлекаемого компонента и его взаимодействия с экстрагентом. Для экстрагентов этого класса характерно существ. влияние на экстракц. равновесие гидратации, сольватации и (в случае достаточно разбавл. р-ров) электролитич. диссоциации в орг. фазе.

По сольватному механизму с образованием донорно-акцепторных связей извлекаются соли металлов (напр., экстракция нитратов урана, тория, лантаноидов трибутилфосфатом), с образованием водородной связи – нек-рые к-ты (напр., экстракция HNO_3 триоктилфосфиноксидом). Процессы экстракции м. б. записаны, напр., так:



где M – извлекаемый металл; X – анион; \bar{S} – экстрагент; v_+ , v_- , q – стехиометрич. коэф.; z – зарядовое число; черта над знаком или формулой означает нахождение в-ва в извлекающей (в данном случае, органической) фазе.

Константа равновесия суммарной хим. р-ции образования извлекаемого соед. наз. термодинамической константой экстракции (K_T). Напр., для р-ции (3) имеем:

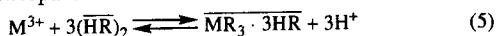
$$K_T = \frac{\bar{c} \bar{\gamma}}{(v_+^+)(v_-^-)c_0^q \gamma_0^q} = K_K \frac{\bar{\gamma}}{(v_+^+)(v_-^-)c_0^{q-1} \gamma_0^q} = K_{\text{эф}} \frac{\bar{\gamma}}{\gamma_0^q}, \quad (4)$$

где K_K и $K_{\text{эф}}$ – концентрационная и эффективная константы экстракции (для практич. целей часто ограничиваются расчетом только K_K); $v_- = v_+ + v_-$; γ_0 – средний ионный коэф. активности ионов; c_0 и γ_0 – исходная концентрация и коэф. активности экстрагента. Для извлечения по сольватному механизму характерно вытеснение воды из орг. фазы при возрастании в ней содержания извлекаемого компонента.

Гидратно-сольватный механизм реализуется за счет взаимодействия экстрагента с гидратной оболочкой экстрагируемых компонентов. Поэтому по мере извлечения в орг. фазе увеличивается содержание воды, равновесная концентрация к-рой зависит от разл. факторов. Такой механизм характерен для экстракции сильных к-т (напр., HCl , HClO_4) трибутилфосфатом, а также солей металлов спиртами, простыми и сложными эфирами, кетонами и др. слабоосновными экстрагентами.

Для р-ций, протекающих по механизму присоединения, характерно стремление α к нулю при уменьшении концентрации извлекаемого компонента в исчерпываемой фазе вследствие увеличения его степени диссоциации. Поэтому в системах с нейтральными экстрагентами зачастую используют высаливатели (см. *Высаливание*) – обычно неэкстрагирующиеся электролиты с одноименным по отношению к извлекаемому компоненту анионом. Введение высаливателя приводит к изменению формы изотермы экстракции и увеличению α .

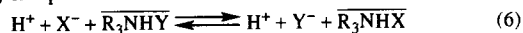
Катионный обмен типичен для экстракции ионов металлов кислотными экстрагентами, напр. фосфорорг., карбоновыми и др. к-тами. Образующаяся соль, как правило, сольватирована молекулами экстрагента:



Для таких процессов наблюдается линейное возрастание $\lg \alpha$ с увеличением рН, что является следствием закона действующих

масс. В ряде случаев (напр., при экстракции U фосфорорг. к-тами) наряду с ионным обменом возможно образование координац. связи между фосфорильной группой и извлекаемым компонентом.

Анионный обмен характерен для экстракции минер. к-т и ионов металлов солями аминов и четвертичных аммониевых оснований, напр.:



Экстракция соед. металлов солями аминов возможна также и по механизму р-ций присоединения. Для экстракции с помощью этих в-в типично сильное влияние на параметры равновесия процессов ассоциации в орг. фазе.

Извлечение ионов металлов кислотными хелатообразующими экстрагентами, а также смесями, напр. нейтральных и кислотных экстрагентов, происходит по смешанному механизму. В первом случае катионный обмен дополняется донорно-акцепторными взаимодействиями с участием донорных атомов (обычно N или O) экстрагента. Во втором случае более полно реализуются координац. возможности иона металла за счет образования смешанных комплексов типа $M[X_2S_q]$. Повышенная прочность комплексов обуславливает увеличение коэф. α .

Экстракция в системах электролит – электролит ограничено распространена в пром-сти и используется гл. обр. в науч. исследованиях. Описание равновесий в этих системах в отличие от рассмотренных требует учета электролитич. диссоциации компонентов р-ров в обеих фазах.

Синергизм. При экстракции смесями экстрагентов часто наблюдаются изменения коэф. α вследствие изменений коэф. активности извлекаемого компонента в фазах или образования сольватов. Такой эффект, наз. синергетическим или синергизмом, выражается в том, что экспериментально определяемый коэф. α оказывается больше этого коэф., вычисленного по схеме аддитивности. Синергизм обычно реализуется при невысоких концентрациях распределяемого компонента в извлекающей фазе. При более полном использовании емкости экстрагента наблюдается противоположный эффект (антагонизм), при к-ром коэф. α меньше суммы коэф. распределения компонентов данной системы.

Кинетика экстракции

Э. ж., как и любой реальный процесс, протекает во времени. Кинетически Э. ж. представляет собой массопередачу (см. *Массообмен*), к-рая сопровождается разнообразными физ.-хим. процессами, происходящими на межфазной границе, в прилегающих к ней слоях и в объемах фаз. Скорость экстракции, или кол-во в-ва, переходящего в единицу времени из одной фазы в другую, определяется по ф-ле:

$$v = KF\Delta c, \quad (7)$$

где K – коэф. массопередачи; F – площадь межфазной пов-сти; Δc – движущая сила процесса. Если параметры v , F и Δc известны, то можно найти значение плотности межфазного потока (j), коэф. массопередачи и обратную ему величину – т. наз. сопротивление массопередаче (R_M):

$$j = v/F = K\Delta c = R_M^{-1}\Delta c. \quad (8)$$

В зависимости от природы R_M или, иными словами, в зависимости от того, каким конкретно процессом (хим. р-цией или диффузией) лимитируется скорость извлечения в-ва, м. б. предложены разл. способы воздействия на скорость экстракции. Возможны два осн. пути ее регулирования: 1) введением в экстракц. систему мех. энергии, затрачиваемой на принудит. перемешивание и диспергирование фаз с целью увеличения пов-сти их контакта и коэф. массоотдачи в фазах; 2) воздействием на скорость хим. р-ций и межфазных физ.-хим. процессов.

В хим. технологии в качестве гл. фактора интенсификации Э. ж. используют первый путь, т. к. обычно скорость экстракции лимитируется диффузией. Однако необходимо учитывать, что возрастание межфазной пов-сти и коэф. массоотдачи в фазах становится все менее заметным по мере увеличения интенсивности принудит. перемешивания. Поэтому попытки дальнейшего ускорения экстракции за счет дополнит. затрат

мех. энергии могут оказаться неэффективными. Кроме того, при интенсивных режимах перемешивания возможно снижение скорости разделения фаз на последующих стадиях процесса. Если скорость извлечения в-ва ограничена скоростью медленных хим. р-ций в фазах, то при прочих равных условиях скорость экстракции не зависит от размера межфазной пов-сти. Интенсификация экстракц. процесса возможна лишь за счет ускорения самих р-ций.

В подавляющем большинстве экстракц. систем, особенно при интенсивном перемешивании, сопротивление массопередаче R_m сосредоточено в межфазной области. Это означает, что все действующие в ней факторы будут оказывать влияние на коэф. массопередачи. К числу таких факторов относятся: межфазные р-ции между экстрагентом и извлекаемым в-вом; блокировка межфазной пов-сти в результате аккумуляции на ней труднорастворимых продуктов р-ций, микрокапель, твердых частиц или, др. словами, вследствие образования в межфазной области конденсир. межфазных пленок и зон микрогетерогенности; влияние процессов адсорбции – десорбции и двойного электрич. слоя; самопроизвольная межфазная конвекция из-за нарушения гидродинамич. стабильности границы раздела фаз (эффект Марантони).

Знание закономерностей кинетики процесса и информация о коэф. массопередачи необходимы для расчетов экстракц. аппаратуры и определения путей интенсификации Э. ж.

Способы организации процесса

Э. ж. осуществляют в аппаратах, наз. экстракторами, с однократным и многократным контактом фаз. Соотв. различают однократную (одноступенчатую) и многократную (многоступенчатую) экстракцию; при этом ступенями разделения служат отдельные аппараты или их секции.

Многократная экстракция, наиб. распространенная в пром-сти, проводится непрерывно и по способу движения фаз подразделяется на противоточную, полупротивоточную и перекрестноточную. Чаще всего применяют противоточную экстракцию одним экстрагентом (рис. 3) с числом ступеней обычно 5–10. Для трудноразделяемых компонентов (напр., близких по св-вам лантаноидов) число ступеней достигает 70–100.

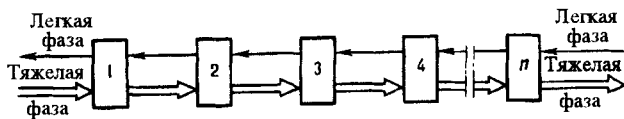


Рис. 3. Схема противоточной многократной экстракции: 1–4, ..., n – экстракторы.

Четкость разделения исходной смеси можно повысить, используя след. способы. При Э. ж. с обратной флегмой экстрагент и рафинат частично отделяются от соотв. экстракта и исходного р-ра; далее определенные доли этих фракций обратно возвращаются в экстрактор навстречу уходящим потокам (процесс проводят подобно *ректификации*). При Э. ж. с двумя несмешивающимися экстрагентами каждый из них избирательно растворяет к.-л. компонент или группу компонентов экстракц. системы.

Реже используют полупротивоток и перекрестный ток. При полупротивоточной экстракции одна фаза «неподвижна» (не перемещается со ступени на ступень), а др.

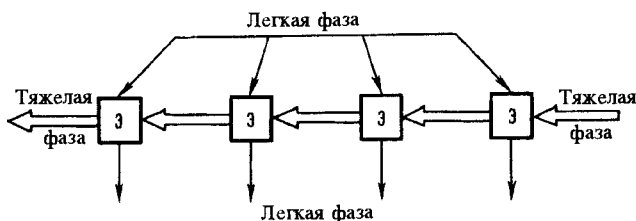


Рис. 4. Схема перекрестноточной многократной экстракции (Э – экстракторы).

фаза последовательно проходит все ступени каскада (см. ниже), вымывая компоненты р-ра в порядке убывания коэф. α . Полупротивоток применяют для извлечения и разделения компонентов, присутствующих в системе в очень малых кол-вах. При необходимости более полного извлечения целевого компонента из исходного р-ра иногда используют перекрестноточную экстракцию (рис. 4); исчерпываемая фаза движется последовательно вдоль ступеней каскада, а извлекающая фаза поступает на каждую ступень и с нее же выводится.

Однократная экстракция, осуществляемая периодически или непрерывно, возможна лишь при высоких значениях α и применяется преим. для аналит. целей. Примером пром. реализации одноступенчатого процесса может служить мембранная экстракция, основанная на использовании *мембран жидких* и сочетающая одновременно прямой процесс и рекстракцию. Роль мембран выполняет слой орг. жидкой фазы, разделяющий два водных р-ра – исчерпываемый и извлекающий. Жидкая мембрана обычно содержит активный компонент – экстрагент, служащий для переноса целевых компонентов из исчерпываемой фазы в извлекающую. Разновидность мембранной Э. ж. – экстракция во множестве эмульсиях вода – масло – вода.

Оптимизация экстракции. Э. ж. многофакторный процесс, мат. описание и оптимизация к-рого требуют сведения воедино совокупности равновесных, кинетич., гидродинамич., конструктивных данных и результатов масштабирования (см. *Масштабный переход*). Эта задача успешно решается с помощью структурного моделирования экстракц. процессов. В основе его лежат т. наз. структурные модели, адекватно описывающие равновесие, кинетику и аппаратное оформление каждого реального процесса. В отличие от функциональных моделей, к-рые также используются для описания экстракц. процесса, но рассматривают его или отдельные элементы лишь с целью установления количеств. корреляции между отдельными параметрами, структурные модели обладают более широкими экстраполяц. возможностями и пригодны для оптимизации Э. ж. на стадии пром. проектирования.

Аппаратурное оформление процесса

По способу контакта фаз пром. экстракторы подразделяют на дифференциально-контактные (колонные аппараты), ступенчатые и промежуточные конструкции. Аппараты первой группы отличаются непрерывным контактом фаз и плавным изменением концентрации извлекаемого компонента вдоль длины (высоты) аппарата. При таком профиле концентраций фазы ни в одной точке экстрактора не приходят в равновесие. Эти аппараты более компактны и требуют ограниченных производств. площадей, однако в них за счет продольного перемешивания (обусловлено коинжективными осевыми потоками, застойными зонами, турбулентными пульсациями и т. д.) может значительно уменьшаться средняя движущая сила.

Аппараты второй группы состоят из дискретных ступеней, в каждой из к-рых осуществляется контакт фаз, после чего они разделяются и движутся противотоком в послед. ступени. Продольное перемешивание выражено слабее, но необходимость разделения фаз между соседними ступенями может приводить (при плохо отстаивающихся системах) к существ. увеличению размеров экстрактора.

Колонные экстракторы подразделяют на гравитационные и с внеш. подводом энергии. Эффективность колонн оценивают кпд отдельных ступеней разделения, высотой, эквивалентной теоретич. ступени (ВЭТС), либо высотой единицы переноса (ВЭП). ВЭТС зависит от гидродинамич. режима в колонне и физ.-хим. св-в экстракц. системы. Высоту (длину) колонны, в к-рой проводится многоступенчатый процесс, рассчитывают по ф-ле: $H = N \cdot \text{ВЭТС}(\text{ВЭП})$, где N – необходимое число ступеней, определяемое, как правило, графически по изотермам экстракции и материальным балансам или с помощью расчетов на ЭВМ.

Гравитационные экстракторы. В них движение взаимодействующих жидкостей происходит под действием разности плотностей фаз; пов-сть их контакта образуется за счет собств. энергии потоков. К этим аппаратам относятся распылительные, насадочные и ситчатые экстракторы.

Распылит. экстракторы (рис. 5) – полые колонны, снабженные соплами, инжекторами и др. распылителями для диспергирования взаимодействующих фаз. Такие аппараты

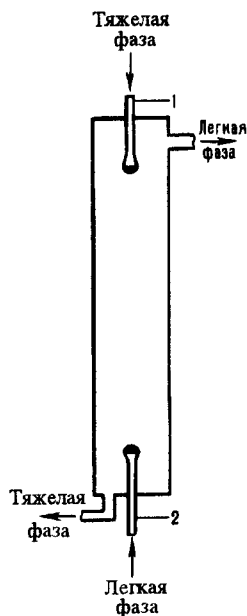


Рис. 5. Распылительный экстрактор: 1, 2 – распылители.

отличаются простотой и высокой производительностью, но сравнительно невысокой эффективностью. Несколько более эффективны, но менее производительны насадочные экстракторы, не отличающиеся по устройству от др. подобных массообменных аппаратов (см. также *Насадочные аппараты*). Ситчатые экстракторы представляют собой колонны с перфорир. тарелками, снабженными переливными устройствами (см. также *Тарельчатые аппараты*). Одна из взаимодействующих жидкостей, проходя через отверстия тарелок, диспергируется; благодаря этому создается большая поверхность контакта с встречной жидкостью, протекающей по переливным устройствам в виде сплошной фазы. Ситчатые экстракторы уступают по производительности только распылит. экстракторам, надежны в работе (вследствие простоты конструкции и отсутствия движущихся частей), однако имеют низкую эффективность.

По сравнению с др. колонными аппаратами все гравит. экстракторы малоэффективны (ВЭТС может достигать 3 м) из-за относительно небольшой площади уд. поверхности контакта фаз, обусловленной крупными размерами капель (до неск. мм). Подвод энергии позволяет раздробить капли (до десятых долей мм), в результате чего требуемую высоту колонны можно уменьшить на порядок.

Экстракторы с внешним подводом энергии подразделяются на пульсационные (см. *Пульсационные аппараты*), вибрационные (см. *Вибрационная техника*), с

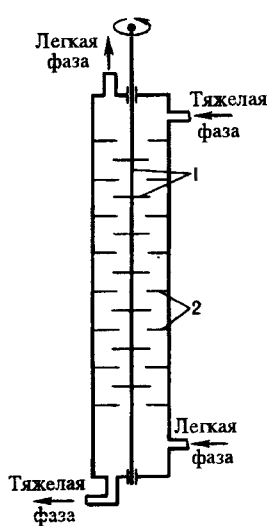


Рис. 6. Роторно-дисковый экстрактор: 1 – ротор (вал с дисками); 2 – кольцевые перегородки статора.

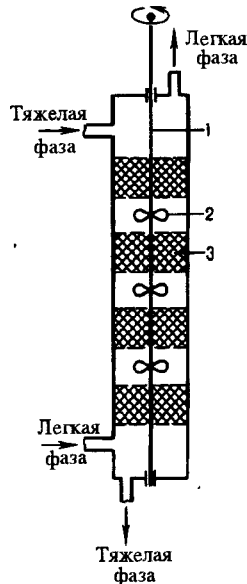


Рис. 7. Экстрактор с чередующимися смесительными и отстойными секциями (колонна Шайбеля): 1 – вал; 2 – мешалка; 3 – насадка.

мех. перемешиванием. К аппаратам последнего типа относятся экстракторы роторно-дисковые и с чередующимися смесит. и отстойными насадочными секциями (колонны Шайбеля). В роторно-дисковых аппаратах (рис. 6) вращающиеся диски перемешивают и диспергируют контактирующие жидкости, после чего они расслаиваются. В колоннах Шайбеля (рис. 7) лопастные или турбинные мешалки размещены на общем вертикальном валу попеременно со слоями неподвижной насадки. Перемешанные жидкости, пройдя через слой насадки, расслаиваются.

Ступенчатые экстракторы. К ним относятся разл. типы смесителей-отстойников. Секция такого аппарата по эффективности приближается к одной теоретич. ступени. Требуемое число ступеней достигается соединением секций в каскад. Зачастую неск. секций, разделенных перегородками, объединяют в одном корпусе (ящичные экстракторы; рис. 8). Каждая секция (ступень) имеет смесит. и отстойную камеры. Перемешивание фаз м. б. пульсационным или механическим (чаще всего применяют турбинные мешалки, одновременно транспортирующие жидкости из ступени в ступень).

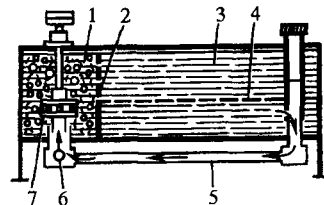


Рис. 8. Ящичный экстрактор: 1, 3 – смесительная и отстойная камеры; 2 – перегородка; 4 – граница раздела фаз; 5 – рециркуляционная труба; 6 – всасывающий коллектор; 7 – турбинная мешалка.

Достоинства смесителей-отстойников: возможность варьирования нагрузок в широких пределах; возможность быстрого достижения требуемой производительности после остановки процесса; возможность формирования каскадов из большого числа ступеней; простота эксплуатации. Недостатки: большие объемы перерабатываемых в аппаратах жидкостей и опасность возникновения пожаров; медленное установление равновесия; большое число мех. и пневматич. устройств; повышенная чувствительность к твердым загрязнениям, что снижает надежность работы; высокая металлоемкость. Смесители-отстойники имеют преимущества перед колонными экстракторами в процессах с малым или очень большим числом ступеней, а также в процессах с большими потоками (до 1000 м³/ч).

Экстракторы промежуточных конструкций. Среди аппаратов, занимающих промежуточное положение между дифференциально-контактными и ступенчатыми, наиб. распространены центробежные экстракторы, в которых разделение, а иногда и перемешивание фаз происходят в поле действия центробежных сил. Рабочий орган (ротор) этих аппаратов состоит из набора перфорир. с обоих концов цилиндров, спиральных лент и др. Исходный р-р и экстрагент движутся навстречу один другому, причем более тяжелая фаза – от центра к периферии, а более легкая – в обратном направлении. Контакт жидкостей происходит на пути их движения, а диспергирование – при прохождении через перфорир. части цилиндров.

Центробежные экстракторы подразделяют на камерные (дискретно-ступенчатые) и дифференциально-контактные. Аппараты первой группы состоят из отдельных ступеней (камер), в каждой из которых движущиеся противотоком фазы последовательно перемешиваются и разделяются (напр., экстракторы «Лувеста» и «Робатель»). В аппаратах второй группы процесс протекает при близком к непрерывному контакту движущихся встречных потоков фаз; движение происходит по каналам, образованным внутри перегородками ротора (напр., экстракторы Подбильняка).

Центробежные экстракторы отличаются высокими производительностью (потоки до сотен м³/ч) и эффективностью (3–10 теоретич. ступеней), малой продолжительностью контакта фаз (неск. секунд и менее), интенсивным массообменом. Такие аппараты перспективны в произ-вах неустойчивых соед. (напр., антибиотики), при переработке высокорadioак-

тивных р-ров и стойких эмульсий, систем с близкими плотностями фаз.

Выбор экстракторов оптим. конструкций для конкретных пром. процессов должен базироваться на технико-экономич. сравнении аппаратов с учетом эффективности их работы, производительности, разделит. способности, энергетич., капитальных и эксплуат. затрат.

В лаб. практике применяют в осн. те же, что и в пром-сти, способы Э. ж., проводимой в стеклянных, металлич. или полимерных экстракторах разнообразных конструкций, состоящие из к-рых — делительные воронки, прибор Льюиса (хим. стакан с мешалками) и др.

Области применения экстракционных процессов

Экстракция органических соединений широко распространена в основном орг. синтезе, нефте-, коксо- и лесохимии и др. отраслях пром-сти. Примеры: разделение смесей углеводородов нефтяных фракций на группы компонентов близкого хим. состава (ароматич. углеводороды и легкие парафины); извлечение ароматич. углеводородов (бензол, толуол, ксилолы) из продуктов каталитич. риформинга; очистка смазочных масел; выделение фенолов из фракций кам.-уг. смолы; извлечение бутадиена из смеси углеводородов в произ-ве СК; извлечение из водных р-ров орг. к-т с послед. их концентрированием (уксусная, акриловая, лимонная к-ты). В хим.-фармацевтич. и микробиол. отраслях пром-сти экстракцию используют в произ-ве лек. препаратов — алкалоидов, антибиотиков, витаминов, гормонов; в пищ. пром-сти — для очистки масел и жиров и др.

Экстракция неорганических соединений. Применение Э. ж. в гидрометаллургии позволяет создавать эффективные технол. схемы, обеспечивающие комплексную переработку минер. сырья и вторичных ресурсов. Экстракцию используют в технологии U и облученного ядерного горючего (извлечение и разделение U и Pu, выделение радионуклидов), редких и рассеянных (Be, Zr, Hf, Nb, Ta, РЗЭ, Mo, W, Re и др.), цветных (Al, Cu, Ni, Co, Zn и др.) и благородных (Ag, Au, Pt и др.) металлов, а также высокочистых соед. Fe (см. также, напр., *Выщелачивание, Гидрометаллургия*).

Важная область применения экстракции — очистка H_2PO_4 . Процесс можно проводить, экстрагируя к-ту из водной фазы, загрязненной примесями, в орг. р-ритель или извлекая нежелат. примеси в экстрагент.

Охрана окружающей среды. С этой целью экстракцию используют для очистки технол. р-ров и сточных вод и выделения из них ценных (напр., фенолы, метилхлорид, нек-рые хладоны) и токсичных в-в (см. также *Охрана природы*).

Экстракция в аналит. химии и радиохимии. В аналит. химии Э. ж. применяют с целью селективного извлечения целевых хим. элементов из смесей для количеств. анализа, а также для определения содержания примесей в исследуемых соед., что важно при получении особо чистых в-в. Как метод аналит. химии Э. ж. отличают высокая избирательность, простота проведения, универсальность (возможность выделения практически любого элемента).

В радиохимии Э. ж. используют гл. обр. для очистки радиоактивных в-в от примесей, извлечения из облученных мишеней радионуклидов и их разделения, выделения стабильных нуклидов из разл. объектов и т. д. (см. также, напр., *Изотопов разделение*).

Э. ж. часто сочетают с др. методами, напр. хроматографией, соосаждением, дистилляцией.

Экономич. показатели Э. ж. определяются в осн. стоимостью извлекаемого в-ва и экстрагента, а также затратами на его регенерацию. При технико-экономич. анализе процесса необходимо учитывать потери экстрагента, соизмеряя их со стоимостью целевого продукта. Э. ж. — один из самых низкоэнергоемких хим.-технол. процессов и поэтому может успешно конкурировать с иными массообменными процессами. Другие осн. достоинства Э. ж.: низкие рабочие т-ры; возможность весьма полного разделения азеотропных смесей и смесей близких по св-вам компонентов; эффективность извлечения ценных и токсичных компонентов из разбавл. р-ров;

возможность сочетания с иными процессами хим. технологии (напр., ректификацией и кристаллизацией); относит. простота аппаратного оформления и возможность полной автоматизации.

Лит.: Фомин В. В., *Химия экстракционных процессов*, М., 1960; Трейбал Р., *Жидкостная экстракция*, пер. с англ., М., 1966; Золотов Ю. А., *Экстракция внутрикомплексных соединений*, М., 1968; Последние достижения в области жидкостной экстракции, под ред. К. Хансона, пер. с англ., М., 1974; *Справочник по экстракции*, под ред. А. М. Розена, т. 1-3, М., 1976-78; БСЭ, 3 изд., т. 30, М., 1978, с. 16-18; *Основы жидкостной экстракции*, М., 1981; *Химический энциклопедический словарь*, М., 1983, с. 693-95; Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology, 3 ed., v. 9, N. Y., 1980, p. 672-721; *Handbook of solvent extraction*, N. Y., 1983.

В. В. Тарасов, А. А. Пичугин.

ЭКСТРАКЦИЯ «СВЕРХКРИТИЧЕСКАЯ» (сверхкритическая флюидная экстракция, «газовая» экстракция), перевод одного или неск. компонентов твердой либо жидкой смеси в «сверхкритический газ». Проводится контактированием смеси разделяемых компонентов с газообразным экстрагентом при т-ре и давлении выше его критич. точки (см. *Критическое состояние*). Наиб. распространены в качестве экстрагентов (р-рителей) CO_2 , этан, этилен, пропан, SF_6 и др. Напр., для CO_2 критич. и сверхкритич. состояния показаны на рис.

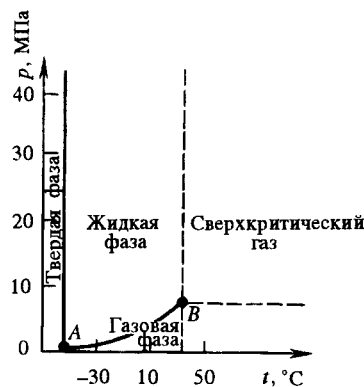


Рис. Диаграмма температура — давление для CO_2 : A — тройная точка; B — критич. точка.

Гл. характеристика газа как экстрагента (см. *Экстрагирование, Экстракция жидкостная*) — его растворяющая способность, определяемая количественно т. наз. параметром р-римости Гильдебранда δ (см. *Когезия*). Растворяющая способность сильно зависит от т-ры T и давления p , что позволяет путем их изменения варьировать р-римость извлекаемых компонентов.

Р-римость y_i чистого (твердого или жидкого) компонента i можно вычислить по ур-нию:

$$y_i = \frac{p_i}{p} \left\{ \frac{\Phi_i}{\Phi_i^s} \exp [V_i(p - p_i)/RT] \right\},$$

где p_i — давление насыщенного пара (при т-ре T) данного компонента; p — давление сверхкритич. газа; Φ_i , Φ_i^s — соотв. коэффициенты летучести компонента при давлении p_i и давлении сверхкритич. газа; V_i — молярный объем компонента; R — газовая постоянная.

Выражение в квадратных скобках — т. наз. фактор усиления E , к-рый показывает, во сколько раз р-римость компонента в сверхкритич. газе превышает его р-римость в идеальном газе. Для разл. классов извлекаемых в-в значения E лежат обычно в диапазоне 10^4 – 10^7 .

Из ур-ния следует, что более летучий компонент обладает и большей р-римостью. Отношение р-римостей компонентов характеризует селективность извлечения. Во мн. случаях для ее повышения в сверхкритич. газ вводят малые добавки полярных в-в — модификаторов (напр., ацетон, метанол, этанол, трибутилфосфат). Последние способны образовывать донорно-акцепторные комплексы с нек-рыми в-вами,

что повышает их р-имость в сверхкритич. газе. По сравнению с обычными жидкостями сверхкритич. газы характеризуются более высокими (на 2–3 порядка) коэф. диффузии и более низкой (на 1–2 порядка) вязкостью. Поэтому скорость извлечения не лимитируется массопереносом в сверхкритич. фазе.

Э.с. проводят, как правило, по схеме двухстадийного непрерывного процесса в аппаратах высокого давления, напр. в тарельчатых колоннах. На первой стадии сверхкритич. газ контактирует с жидкой или твердой смесью, извлекая р-имые компоненты. На второй стадии экстрагент регенерируют путем сброса давления или изменения т-ры, что приводит к полному осаждению извлеченных в-в. Затем рабочие параметры газа изменяют до требуемых значений и снова направляют его на первую стадию, организуя т. обр. циркуляцию экстрагента.

Э.с.— относительно новый процесс; исследования в этой области активно проводятся с начала 1970-х гг. Наиб. число работ посвящено извлечению разл. в-в сверхкритич. CO₂ из-за его высокой растворяющей способности, дешевизны, доступности, нетоксичности и невысоких критич. параметров [$t_{\text{крит}} 31,3^\circ\text{C}$, $p_{\text{крит}} 7,36\text{ МПа}$].

В пром-сти Э.с. используют для извлечения кофеина из зерен кофе, выделения ценных компонентов (напр., растит. масел, биологически активных в-в) из нек-рых видов растит. сырья (цветы ромашки, хмель и др.), регенерации адсорбентов и катализаторов, переработки угля и нефти (см., напр., *Гидрогенизация угля, Деасфальтизация*) и др. Весьма перспективна Э.с. для извлечения, разделения и концентрирования продуктов растит. и животного происхождения в пищ., парфюм. и хим.-фармацевтич. отраслях пром-сти, а также для извлечения токсичных орг. в-в (напр., пестицидов) из почвы и сточных вод. Возрастает применение Э.с. в аналит. химии в качестве селективного метода разделения и концентрирования компонентов сложных смесей орг. соед.

Лит.: Пичугин А. А., Тарасов В. В., «Успехи химии», 1991, т. 60, в. 11, с. 2412–21; Юркин В. Т., «Успехи химии», 1995, т. 64, в. 3, с. 237–50; McHugh M. A., Krukonis V. J., *Supercritical fluid extraction: principles and practice*, Boston, 1986; *Supercritical fluid extraction and chromatography: techniques and applications*, ed. by B. A. Curpenter, M. R. Sevenants, Wash., 1988.

А. А. Пичугин, В. В. Тарасов.

ЭКСТРУЗИОННО-РАЗДУВНОЕ ФОРМОВАНИЕ ПОЛИМЕРОВ, см. Полимерные материалы переработка.

ЭКСТРУЗИЯ ПОЛИМЕРОВ, см. Полимерные материалы переработка.

ЭЛАИДИНОВАЯ КИСЛОТА, см. Олеиновая и элаидиновая кислоты.

ЭЛАСТОМЕРЫ, полимеры и материалы на их основе, обладающие во всем диапазоне их эксплуатации высокоэластичными св-вами, т. е. способностью к большим (до сотен процентов) обратимым деформациям (см. *Высокоэластическое состояние*). Типичные Э.— разл. каучуки и резины.

ЭЛЕКТРЕТНО-ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, то же, что *термодеполяризационный анализ*.

ЭЛЕКТРЕТЫ, диэлектрики, способные длительное время находиться в наэлектризованном состоянии после снятия внеш. воздействия, вызвавшего поляризацию, и образовывать вокруг себя электрич. поле; электрич. аналоги постоянных магнитов.

В качестве Э. используют монокристаллические (напр., галогениды щелочных металлов, корунд, сера) и поликристаллические (титанаты щел.-зем. металлов, фарфор, керамика, стекла, ситаллы и др.) диэлектрики, полимеры (гл. обр. гомо- и сополимеры тетрафторэтилена, поливинилиденфторид, поликарбонаты, полиметилметакрилат, полиамиды), а также воски (пчелиный и карнаубский) и прир. смолы.

В зависимости от способа поляризации Э. разделяют на группы. Термоэлектреты поляризуются при нагр. диэлектриков в электрич. поле до т-ры T_n , при к-рой полярные участки могут ориентироваться достаточно быстро. При последующем охлаждении в электрич. поле до нек-рой т-ры T_k подвижность полярных участков «замораживается» и они длит. время находятся в ориентированном состоянии с оста-

точной поляризацией P_0 , величина к-рой прямо пропорциональна диэлектрич. проницаемости ϵ_0 : $P_0 = \epsilon_0 \Delta \epsilon E_n$, где $\Delta \epsilon = \epsilon_{T_n} - \epsilon_{T_k}$ (E_n — напряженность внеш. электрич. поля; ϵ_{T_n} и ϵ_{T_k} — диэлектрич. проницаемость соотв. при т-рах T_n и T_k).

В полях высокой напряженности происходит также инжекция носителей зарядов (электронов, дырок), к-рые образуют поверхностные заряды со знаком, противоположным знаку поляризационного заряда. Эффективная поверхностная плотность зарядов составляет $\sigma_{\text{эфф}} = \sigma_p - P_0$, где σ_p — инжектированный заряд.

Поляризацию проводят также приложением электрич. поля высокой напряженности (электроэлектреты), в коронном разряде (коронэлектреты), облучением пучком заряженных частиц (радиационные электреты), совместным воздействием электрич. поля и электромагн. излучения, напр. света (фотоэлектреты). В отсутствие внеш. электрич. поля Э. получают при мех. деформации полимеров (механоэлектреты), при трении (трибоэлектреты), хим. сшивке и полимеризации (хемоэлектреты).

Деполяризацию Э. при нагр. сопровождается возникновением токов термостимулированной деполяризации (ТСД), измерение к-рых позволяет с высокой чувствительностью определять т-ры и характеристики релаксационных явлений диполей (см. *Термодеполяризационный анализ*).

Макс. величина $\sigma_{\text{эфф}}$ и ее неизменность во времени определяется не только хим. строением и электропроводностью диэлектрика, но и св-вами окружающей среды, напр. пробивной прочностью воздуха, наличием вблизи заряженной пов-сти противоэлектрода, на к-ром индуцируется противоположный заряд.

Кроме обычных Э., обладающих противоположными знаками зарядов с разных сторон (биполярные Э.), известны т. наз. моноэлектреты, представляющие собой, напр., полимерные пленки (пластины) с зарядом одного знака с обеих сторон. Для таких диэлектрич. пленок толщиной 10 мкм при комнатной т-ре $\sigma_{\text{эфф}} = 5 \cdot 10^{-4}$ Кл/м²; стабильность зарядов Э. во времени достигает десятков лет.

Э. применяются в качестве источников постоянного электрич. поля в электретных микрофонах и телефонах, виброметрах, датчиках давления, фильтрах, дозиметрах, устройствах электрич. памяти; фотоэлектреты используются в электрофотографии (см. *Репрография*).

Лит.: Электреты, под ред. Г. Сесслера, пер. с англ., М., 1983; Лушейкин Г. А., Полимерные электреты, 2 изд., М., 1984. Г. А. Лушейкин.

ЭЛЕКТРОГРАВИМЕТРИЯ, электрохим. метод количеств. анализа, основанный на определении увеличения массы рабочего электрода вследствие выделения на нем определяемого компонента в результате электролиза. Как правило, определяемое в-во осаждают в виде металла (или оксида) на предварительно взвешенном платиновом катоде (или аноде). Момент завершения электролиза устанавливают с помощью специфич. чувствительной качественной р-ции на определяемый ион. Рабочий электрод промывают, высушивают и взвешивают. По разности масс электрода до и после электролиза определяют массу выделившегося металла или оксида.

Теоретич. потенциал выделения металла на катоде можно рассчитать из величин стандартных электродных потенциалов E^0 . Напр., при определении Cu(II) в кислом р-ре на платиновом катоде и аноде протекают соотв. р-ции: $\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$ ($E_{\text{Cu}}^0 = 0,339\text{ В}$) и $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e$ ($E^0 = 1,229\text{ В}$). В условиях электролиза потенциал катода при 25°C описывается ур-нием Нернста:

$$E = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 - \frac{0,0591}{2} \lg \frac{a_{\text{Cu}}}{a_{\text{Cu}^{2+}}}, \text{ где } a_{\text{Cu}} \text{ и } a_{\text{Cu}^{2+}} - \text{термодинамич.}$$

активности соотв. металлической меди и ионов Cu^{2+} . В начале электролиза, когда пов-сть катода не покрыта медью, a_{Cu} — бесконечно малая величина; при наличии тока, достаточного для заполнения медью пов-сти катода, a_{Cu} приближается к единице. На практике для протекания электрохим. р-ции с заметной скоростью необходимо более высокое напряжение, чем теоретически рассчитанный потенциал выделения E . Это

связано с перенапряжением кислорода на платиновом аноде (поправка 0,84 В при плотности тока 0,01 А·см⁻²) и омич. падением напряжения в ячейке.

Э. – селективный метод: при равенстве исходных концентраций компонентов раздельное выделение на электроде возможно при разности их электродных потенциалов порядка 0,3 В (для однозарядных ионов) или 0,1 В (для двухзарядных ионов).

Электролиз можно проводить при постоянном напряжении между электродами, при постоянной силе тока или при контролируемом потенциале рабочего электрода. В случае Э. при постоянном напряжении происходит смещение потенциала рабочего электрода в более отрицат. область за счет поляризации. Следствием этого является снижение селективности из-за протекания дополнит. р-ции (выделение др. металлов или газообразного Н₂). Этот вариант Э. пригоден для определения легко восстанавливающихся в-в в присут. примесей, восстанавливающихся труднее, чем ионы Н⁺. В конце электролиза возможно выделение газообразного Н₂. Хотя в отличие от кулонометрии 100%-ный выход по току определяемого в-ва не обязателен, выделение Н₂ часто приводит к образованию осадков с неудовлетворительными физ. св-вами. Поэтому в анализируемый р-р рекомендуется вводить в-ва, восстанавливающиеся легче ионов Н⁺ (гидразин, гидроксил-амин) и предотвращающие т. обр. выделение Н₂.

Если проводить электролиз при постоянной силе тока, необходимо периодически увеличивать налагаемое на ячейку внешнее напряжение, чтобы компенсировать уменьшение тока, вызываемое концентрационной поляризацией. Вследствие этого анализ становится менее селективным. Иногда, однако, удается связывать мешающие катионы в прочные комплексные соед., восстанавливающиеся при более отрицат. потенциале, чем определяемое в-во, или предварительно удалять мешающий ион в виде малорастворимого соединения. Метод применяют, напр., для определения Cd в щелочном р-ре его цианида, Co и Ni в аммиачно-сульфатном р-ре, Cu в смеси серной и азотной к-т.

Значительно более высокая селективность достигается в случае проведения электролиза при контролируемом потенциале рабочего электрода. Обычно потенциал рабочего электрода измеряют относительно третьего электрода с известным и постоянным потенциалом, т. е. электрода сравнения (насыщенного каломельного или хлорсеребряного). Имеются потенциалостаты, поддерживающие постоянный потенциал катода на протяжении всего электролиза. При этом можно раздельно количественно выделять компоненты смеси со стандартными электродными потенциалами, различающимися всего на неск. десятых долей вольта. Напр., последовательно определяют Cu, Bi, Pb и Sn. Первые три металла выделяют из нейтрального тартратного р-ра: Cu – при 0,2 В; Bi – при 0,4 В; Pb – при 0,6 В (взвешивая электрод после осаждения каждого металла). Оставшийся р-р подкисляют и осаждают Sn при -0,65 В. Разработаны методы определения Cu в присут. Bi, Sb, Pb, Sn, Ni, Cd, Zn; Pb – в присут. Cd, Sn, Ni, Zn, Mn, Al, Fe.

Выделенный на электроде осадок должен хорошо прилипать к электроду, быть плотным и гладким во избежание мех. потерь при промывании, высушивании и взвешивании. На физ. св-ва осадков влияют плотность тока, т-ра и интенсивность перемешивания р-ра. Электролиз рекомендуется проводить при невысоких плотностях тока (обычно от 0,01 до 0,1 А·см⁻²), что позволяет получать мелкокристаллич., свободные от примесей осадки, хорошо удерживающиеся на электроде, а также избегать концентрационной поляризации. Для снижения плотности тока применяют рабочие электроды с большой пов-стью (в частности, сетчатые); одновременно в этом случае сокращается и время анализа. Для снижения концентрационной поляризации и ускорения электролиза р-р интенсивно перемешивают или, иногда, нагревают. В последнем случае увеличивается подвижность ионов и уменьшается вязкость р-рителя; но одновременно может усилиться выделение газообразных продуктов, поэтому для каждого конк-

ретного определения оптимальную т-ру устанавливают экспериментально.

Разновидность Э. – метод внутр. (самопроизвольного) электролиза, когда электрохим. р-ция в ячейке (гальванич. элементе) протекает самопроизвольно без приложения внеш. напряжения. Катодом служит инертный металл (электрод (обычно платиновая сетка), анодом – электрохимически активный электрод, напр. пластинка из меди, цинка или магния. Электролиз начинается в момент соединения электродов внутр. проводником и проходит до тех пор, пока полностью не выделится определяемый металл. Для поддержания относительно высокой силы тока применяют электроды большого размера, хорошо перемешивают р-р, вводят инертный электролит. Чтобы избежать выделения определяемого в-ва на аноде (цементация), анодное пространство отделяют от катодного пористой диафрагмой или анод изолируют от анализируемого р-ра с помощью пористого керамич. стаканчика, заполненного р-ром соли металла, из к-рого изготовлен анод. При правильном выборе анода можно проводить селективные определения. Напр., с платиновым катодом и медным анодом в р-ре сульфата меди определяют Ag в присут. Cu, Fe, Ni и Zn. В общем случае при катодном выделении определяемого в-ва потенциал анода должен быть отрицательнее потенциала рабочего электрода. Метод внутр. электролиза более пригоден для определения сравнительно малых кол-в в-ва, отличается простотой и селективностью; недостаток метода – длительность анализа (для полного выделения осадка необходимо вести электролиз не менее часа).

Э. известна с 1860-х гг. и применялась для определения металлов, используемых для чеканки монет, в разл. сплавах и рудах. Это безоталонный метод, к-рый можно рассматривать как простейший вариант кулонометрии. По точности и воспроизводимости результатов Э. превосходит др. методы при определении таких металлов, как Cu, Sn, Pb, Cd, Zn. Несмотря на то, что длительность эксперимента, Э. до сих пор применяют для анализа сплавов, металлов и р-ров для электролитных ванн.

Лит.: Лопатин Б.А., Теоретические основы электрохимических методов анализа, М., 1975; Скуг Д., Уэст Д., Основы аналитической химии, пер. с англ., т. 2, М., 1979; Юнг Г., Инструментальные методы химического анализа, пер. с англ., М., 1989.

Г. В. Прохорова.

ЭЛЕКТРОДИАЛИЗ, см. Мембранные процессы разделения. **ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ**, физ.-хим. процессы, к-рые протекают на границе раздела проводников электрич. тока 1-го и 2-го рода и сопровождаются переходом через эту границу заряженных частиц – электронов и (или) ионов. При этом в качестве проводников 1-го рода могут выступать разл. металлы и сплавы, хим. соед., обладающие электронной проводимостью (напр., оксиды), а также полупроводниковые материалы; в качестве проводников 2-го рода выступают разл. ионные системы – р-ры и расплавы электролитов, а также твердые электролиты.

Любой Э. п. всегда протекает в двух направлениях: в катодном, когда к границе раздела со стороны электрода течет отрицат. катодный ток (соответствующую плотность тока обозначают \vec{i}), и в анодном, когда к границе раздела со стороны электрода течет положит. анодный ток (плотность тока \vec{i}). Суммарный Э. п. является катодным, если $\vec{i} > \vec{i}$, и анодным, если $\vec{i} < \vec{i}$; при этом измеряемая плотность тока $i = \vec{i} - \vec{i}$. Катодные процессы связаны с переносом электронов е от электрода к молекулам или ионам реагирующих на электроде в-в; последние при этом восстанавливаются. В анодных процессах, наоборот, происходит окисление реагирующих в-в, сопровождающееся переходом электронов на электрод либо растворением материала электрода. Хим. превращения в катодном процессе наз. электровосстановлением (напр., $O_2 + 4e + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$), в анодном – электроокислением (напр., $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$). В условиях электрохим. равновесия $\vec{i} = \vec{i}$ и $i = 0$. Обнаружить анодную составляющую катодного Э. п. можно с помощью радионуклидов. Так, если на амальгаме цинка, содержащей радионуклид Zn, в неактивном р-ре $ZnSO_4$ проводить катодный Э. п.

$Zn^{2+} + 2e(Hg) \rightleftharpoons Zn(Hg)$, то через нек-рое время р-р также обнаруживает радиоактивность из-за наличия i . Закон сохранения массы в ходе Э. п. отражают *Фарадея законы*.

Важной особенностью Э. п. является их стадийный характер. Рассмотрим стадии Э. п. на примере р-ции $2H_3O^+ + 2e(M) \rightleftharpoons H_2 + 2H_2O$ (М – металл). В стадии массопереноса ионы H_3O^+ из объема р-ра переходят к пов-сти металла М: $(H_3O^+)_{об} \rightleftharpoons (H_3O^+)_{пов.}$ Затем следует стадия вхождения ионов H_3O^+ в *двойной электрический слой* (их адсорбция на электроде): $(H_3O^+)_{пов.} \rightleftharpoons (H_3O^+)_{адс.}$ После этого имеет место собственно электрохим. стадия разряда-ионизации: $(H_3O^+)_{адс.} + e(M) \rightleftharpoons H_{адс.} + H_2O$. Удаление адсорбированного водорода с пов-сти электрода может осуществляться по трем параллельным путям:

- 1) $2H_{адс.} \rightleftharpoons (H_2)_{пов.}$
- 2) $H_{адс.} + e(M) + (H_3O^+)_{адс.} \rightleftharpoons (H_2)_{пов.} + (H_2O)_{адс.}$
- 3) $H_{адс.} + e(M) + (H_2O)_{адс.} \rightleftharpoons (H_2)_{пов.} + (OH^-)_{адс.}$

Путь (1) получил назв. *рекомбинации*, а пути (2) и (3) – электрохим. десорбции с участием соотв. ионов H_3O^+ и молекул воды. Затем следует стадия массопереноса растворенного H_2 от пов-сти металла в объем р-ра: $(H_2)_{пов.} \rightleftharpoons (H_2)_{об.}$ И, наконец, процесс завершается стадией образования новой фазы – пузырьков H_2 : $(H_2)_{об.} \rightleftharpoons (H_2)_{газ.}$ Если же в р-ре имеется к.-л. орг. основание В (напр., пиридин), возникают дополнит. стадии: хим. взаимодействие – $B + H_3O^+ \rightleftharpoons BH^+ + H_2O$ (в объеме р-ра и на пов-сти электрода), разряд адсорбированных частиц BH^+ и удаление продуктов с пов-сти электрода.

Выяснение механизма Э. п. и определение скоростей как отдельных стадий, так и суммарного Э. п. составляет предмет *электрохимической кинетики*. Э. п. лежат в основе *прикладной электрохимии*.

Лит.: Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Введение в электрохимическую кинетику, 2 изд., М., 1983. Б. Б. Дамаскин.

ЭЛЕКТРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, разность электростатич. потенциалов между электродом и находящимся с ним в контакте электролитом. Возникновение Э. п. обусловлено пространств. разделением зарядов противоположного знака на границе раздела фаз и образованием *двойного электрического слоя*. На границе между металлич. электродом и р-ром электролита пространств. разделение зарядов связано со след. явлениями: переносом ионов из металла в р-р в ходе установления электрохим. равновесия, кулоновской адсорбцией ионов из р-ра на пов-сть металла, смещением электронного газа за пределы положительно заряженного ионного остова кристаллич. решетки, специфич. (некулоновской) адсорбцией ионов или полярных молекул р-рителя на электроде и др. Последние два явления приводят к тому, что Э. п. не равен нулю даже при условиях, когда заряд пов-сти металла равен нулю (см. *Потенциал нулевого заряда*).

Абс. величину Э. п. отдельного электрода определить невозможно, поэтому измеряют всегда разность потенциалов исследуемого электрода и нек-рого стандартного электрода *сравнения*. Э. п. равен эдс электрохим. цепи, составленной из исследуемого и стандартного электродов (*диффузионный потенциал* между разными электролитами, обусловленный различием скоростей движения ионов, при этом должен быть устранен). Для водных р-ров в качестве стандартного электрода обычно используют водородный электрод (Pt, $H_2[0,101 \text{ МПа}]/H^+(a=1)$), потенциал к-рого при давлении водорода 0,101 МПа и термодинамич. активности a ионов H^+ в р-ре, равной 1, принимают условно равным нулю (водородная шкала Э. п.). При схематич. изображении цепи водородный электрод всегда записывают слева; напр., потенциал медного электрода в р-ре соли меди равен эдс цепи Pt, $H_2/HCl/CuCl_2/Cu/Pt$ (две штриховые черты означают, что диффузионный потенциал на границе HCl и $CuCl_2$ устранен).

Если исследуемый электрод находится в стандартных условиях, когда активности всех ионов, определяющих Э. п., равны 1, а давление газа (для газовых электродов) равно 0,101 МПа, значение Э. п. наз. стандартным (обозначение E^0).

Оно связано со стандартным изменением энергии Гиббса ΔG и константой равновесия K_p электрохим. р-ции ур-нием: $-\Delta G = nFE^0 = RT \ln K_p$, где F – число Фарадея; n – число электронов, участвующих в р-ции; R – газовая постоянная; T – абс. т-ра. Значения E^0 электрохим. систем по отношению к водородному электроду и протекающие на электродах р-ции сведены в спец. таблицы (подробнее см. *Стандартный потенциал*).

Зависимость Э. п. от термодинамич. активностей a_i участников электрохим. р-ции выражается *Нернста уравнением*:

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \sum_i \nu_i \ln a_i,$$

где ν_i – стехиометрич. коэф. участника р-ции, причем для исходных в-в это отрицат. величина, а для продуктов р-ции – положительная.

Если через электрод протекает электр. ток, Э. п. отклоняется от равновесного значения из-за конечной скорости процессов, происходящих непосредственно на границе электрод – электролит (см. *Поляризация*).

Лит.: Корыта И., Дворжак И., Богачкова В., Электрохимия, пер. с чеш., М., 1977; Антропов Л. И., Теоретическая электрохимия, 4 изд., М., 1984; Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Электрохимия, М., 1987; Багоцкий В. С., Основы электрохимии, М., 1988; Практикум по электрохимии, под ред. Б. Б. Дамаскина, М., 1991. О. А. Петрий.

ЭЛЕКТРОДЫ в электрохимии, электронно-проводящие фазы, контактирующие с ионным проводником (электролитом). Часто под Э. понимают лишь одну электронно-проводящую фазу. При пропускании тока от внеш. источника через систему из двух электродов, соединенных друг с другом через электролит, на Э. протекают два процесса: заряджение *двойного электрического слоя* и электрохим. р-ция. В отличие от фазовых контактов металл–металл, металл–полупроводник, полупроводник–полупроводник и т. п. на границе фаз, составляющих электрохим. систему, вид носителей тока меняется, т. к. в электролите ток переносится ионами, а в электронно-проводящей фазе – электронами. Непрерывность прохождения тока через границу фаз в этом случае обеспечивается электродной р-цией. Э. наз. а н о д о м, если на его пов-сти преобладает р-ция, приводящая к генерированию электронов, т. е. происходит окисление в-в, содержащихся в электролите, либо ионизация металла анода. Э. наз. к а т о д о м, если с его пов-сти электроны металла переходят на частицы реагирующих в-в, к-рые при этом восстанавливаются.

Классификация Э. проводится по природе окислителей и восстановителей, к-рые участвуют в электродном процессе. Э. 1-го рода наз. металл (или неметалл), погруженный в электролит, содержащий ионы этого же элемента. Металл Э. является восстановленной формой в-ва, а его окисленной формой – простые или комплексные ионы этого же металла (см. *Электрохимическая кинетика*). Напр., для системы $Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e$, где e – электрон, восстановленной формой является Cu, а окисленной – ионы Cu^{2+} . Соответствующее такому электродному процессу *Нернста уравнение* для электродного потенциала E имеет вид:

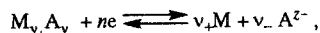
$$E = E^0 + \frac{RT}{2F} \ln a_{Cu^{2+}},$$

где E^0 – стандартный потенциал при т-ре T ; $a_{Cu^{2+}}$ – термодинамич. активность ионов Cu^{2+} ; F – постоянная Фарадея; R – газовая постоянная. К Э. 1-го рода относятся амальгамные Э., т. к. для них восстановленная форма – амальгама металла, а окисленная – ионы этого же металла. Напр., для амальгамы таллия устанавливается равновесие: $Tl^+ + e(Hg) \rightleftharpoons Tl(Hg)$. В такой системе могут изменяться концентрации и окисленной, и восстановленной форм, поэтому ур-ние Нернста имеет вид:

$$E = E^0 + \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{Tl^+}}{a_{Tl}},$$

где a_{Tl} – термодинамич. активность таллия в амальгаме.

Э. 2-го рода – системы из металла М, покрытого слоем же труднорастворимой соли M_nA_n (или оксида) и погруженного в р-р, содержащий анионы этой соли (для оксида – ионы OH^-). Окисленной формой является соль M_nA_n , а восстановленная форма представлена металлом М и анионом A^{z-} :



где $n = z_n \nu_+ = |z_n| \nu_-$; z – зарядовое число иона. В системе устанавливается равновесие между атомами М и анионами A^{z-} в р-ре, к-рое включает два «парциальных» равновесия: между металлом и катионом соли и между анионом соли в ее твердой фазе и анионом в р-ре. Такие Э. наз. обратимыми по аниону.

Ур-ние Нернста имеет вид:

$$E = E^0 - \frac{RT}{z_n F} \ln a_{A^{z-}}.$$

К Э. 2-го рода относятся многие электроды сравнения, напр. каломельный, хлорсеребряный, оксидно-ртутный.

Э. 3-го рода – системы из металла, контактирующего с двумя труднорастворимыми солями. В результате электрохим. р-ции на Э. менее растворимая соль превращается в более растворимую, а потенциал Э. определяется термодинамич. активностью катионов более растворимой соли. Так, в системе $Pb^{2+}|PbCl_2, AgCl, Ag$ происходит процесс $2AgCl + 2e + Pb^{2+} \rightleftharpoons 2Ag + PbCl_2$ и $E = E^0 + \frac{RT}{2F} \ln a_{Pb^{2+}}$.

Металл Э. может не участвовать в р-циях, а служить лишь передатчиком электронов от восстановленной формы в-ва к окисленной; такие Э. наз. окислительно-восстановительными или редокс-электродами. Напр., платиновый Э. в р-ре, содержащем ионы $[Fe(CN)_6]^{4-}$ и $[Fe(CN)_6]^{3-}$, осуществляет перенос электронов между этими ионами в качестве передатчика (медиатора). Среди окислит.-восстановит. Э. выделяют газовые Э., состоящие из химически инертного металла (обычно Pt), к к-рому подводится электрохимически активный газ (напр., H_2 или Cl_2). Молекулы газа адсорбируются на пов-сти металла, распадаясь на адсорбиров. атомы, к-рые непосредственно участвуют в переносе электронов через границу раздела фаз. Наиб. распространены водородный Э., на пов-сти к-рого образуются адсорбиров. атомы $H_{адс}$ и устанавливается равновесие: $H_2 \rightleftharpoons 2H_{адс} \rightleftharpoons 2H^+ + 2e$. Разл. типы Э. можно объединить в рамках т. наз. концепции электронного равновесия на границе металл-электролит, согласно к-рой каждому равновесному электродному потенциалу соответствует определенная термодинамич. активность электронов в электролите.

Э. наз. идеально поляризуемым, если вследствие термодинамич. или кинетич. причин переход электронов через межфазную границу невозможен. При изменении потенциала такого Э. происходит только изменение строения двойного электр. слоя, что сопровождается протеканием тока заряжения, спадающего до нуля, когда перестройка двойного электр. слоя заканчивается (см. Ток обмена). Для неполяризуемых, или обратимых, Э. переход электронов через границу фаз, напротив, незаторможен, и при пропускании тока через такой Э. его потенциал практически не изменяется.

По функциям в электрохим. системе Э. подразделяют на рабочие, вспомогательные и электроды сравнения. Рабочим наз. Э., на к-ром происходит исследуемый электрохим. процесс. Вспомогат. Э. (или противоелектрод) обеспечивает возможность пропускания тока через электрохим. ячейку, а Э. сравнения – возможность измерения потенциала рабочего Э. Специфика широко используемых в электрохимии жидких Э. (ртуть, амальгамы, галлий, жидкие сплавы на основе Ga – галламы, расплавы металлов и т.п.) связана с идеальной гладкостью их пов-сти, истинная площадь к-рой совпадает с ее геом. величиной, а также с энергетич. однородностью и

изотропностью св-в пов-сти Э. и возможностью растворения выделяющихся металлов в материале Э.

На практике Э. классифицируют по хим. природе материала (металлические, неметаллические, оксидные, Э. из соед. с ковалентной связью, углеграфитовые и т.д.), форме (сферические, плоские, цилиндрические, дисковые и т.д.), условиям функционирования (неподвижные, вращающиеся и т.п.), размерам (микро- и ультрамикроэлектроды), пористости, гидрофильности, участию электродного материала в электродном процессе (расходуемые и нерасходуемые) и др. признакам. Использование капельного ртутного электрода лежит в основе полярографии. Вращающийся *дисковый электрод* представляет интерес как система, для к-рой существует строгое решение диффузионной кинетич. задачи. К особо практически важным Э. следует отнести каталитически активные и высоко коррозионностойкие оксидные рутиниево-титановые аноды (ОРТА), применение к-рых революционизировало самое широкомасштабное электрохим. произ-во – электролитич. получение хлора и щелочей.

Модифицирование Э., получившее широкое распространение в электрокатализе, произ-ве химических источников тока, электрохимических сенсоров и т.п., основано как на физических (ионная имплантация, разрыхление пов-сти, выращивание монокристаллич. граней, создание монокристаллич. структур, физ. адсорбция ионов и молекул и др.), так и хим. методах. В частности, химически модифицированные Э. представляют собой проводящий или полупроводниковый материал, покрытый мономолекулярными (в т.ч. субатомными), полимолекулярными, ионными, полимерными слоями, в результате чего Э. проявляет хим., электрохим. и/или оптич. св-ва слоя. Хим. модифицирование достигается хемосорбцией на пов-сти Э. ионов и молекул, ковалентным связыванием разл. агентов с поверхностными атомными группами, покрытием пов-сти орг., металлоорг. или неорг. полимерными слоями, созданием композитов из электродного материала и в-ва – модификатора.

Микроэлектроды имеют по крайней мере один из размеров настолько малый, что св-ва Э. оказываются размерно зависимыми. Размеры микроэлектродов лежат в интервале 0,1–50 мкм, миним. площадь составляет 10^{-14} м^2 (ультрамикроэлектроды), тогда как в большинстве электроаналит. экспериментов применяют Э. с площадью $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$, в лаб. электросинтезе – 10^{-2} м^2 . Осн. преимущество микроэлектродов – возможность снизить с их помощью диффузионные ограничения скорости электродного процесса и, следовательно, изучать кинетику очень быстрых электродных р-ций. Из-за малой величины токов электрохим. ячейки с микроэлектродами характеризуются незначительным омич. падением потенциала, что позволяет изучать системы с высокими концентрациями реагирующих частиц, обычно используемые в технол. процессах, применять высокие скорости сканирования потенциала при вольтамперометрич. измерениях, проводить работы в плохо проводящих средах и т.п. Микроэлектроды используют для анализа ультрамалых проб, исследования процессов в живых организмах, в клинич. целях. Ультрамикроэлектроды применяют в туннельной сканирующей микроскопии и в электрохим. нанотехнологии.

См. также *Ионоселективные электроды*, *Псевдооживленный электрод*, *Суспензионный электрод*.

Лит.: Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Электрохимия, М., 1987; Басин В.С., Основы электрохимии, М., 1988.

О.А. Петрий.

ЭЛЕКТРОДЫ СРАВНЕНИЯ, электрохим. системы, предназначенные для измерения *электродных потенциалов*. Необходимость их использования обусловлена невозможностью измерения абс. величины потенциала отдельного электрода. В принципе в качестве Э.с. может служить любой электрод в термодинамически равновесном состоянии, удовлетворяющий требованиям воспроизводимости, постоянства во времени всех характеристик и относит. простоты изготовления. Для водных электролитов наиб. часто применяют в качестве Э.с. водородный, каломельный, галогеносеребряные, оксидно-ртутный и хингидронный электроды.

Водородный Э. с. представляет собой кусочек платиновой фольги или сетки, покрытый слоем электролитич. Pt и погруженный частично в р-р, через к-рый пропускают H_2 . При адсорбции на электроде образуются адсорбированные атомы $H_{адс}$. Электродные р-ции на водородном Э. с. описываются ур-ниями: $H_2 \rightleftharpoons 2H_{адс} \rightleftharpoons 2H^+ + 2e$ (e – электрон). Водородный электрод при давлении водорода p_{H_2} , равном 1 атм ($1,01 \cdot 10^5$ Па), термодинамич. активности ионов водорода в р-ре a_{H^+} , равной 1, наз. стандартным водородным электродом, а его потенциал условно принимают равным нулю. Потенциалы других электродов, отнесенные к стандартному водородному электроду, составляют шкалу стандартных электродных потенциалов (см. *Стандартный потенциал*). Для водородного Э. с. *Нернста уравнение* записывается в виде:

$$E = \frac{RT}{F} \ln a_{H^+} - \frac{RT}{2F} \ln p_{H_2},$$

где T – абс. т-ра; F – постоянная Фарадея; R – газовая постоянная. При $p_{H_2} = 1$ атм электродный потенциал

$$E = \frac{RT}{F} \ln a_{H^+} = -2,303 \frac{RT}{F} \text{ рН}. \text{ Используется в широком диа-}$$

пазоне рН – от значений, соответствующим конц. к-там, до значений, соответствующим конц. щелочам. Однако в нейтральных р-рах водородный Э. с. может нормально функционировать лишь при условии, что р-р обладает достаточно хорошими буферными св-вами (см. *Буферный раствор*). Это связано с тем, что при установлении равновесного потенциала на платинированной платине, а также при пропускании тока через водородный Э. с. появляется (или исчезает) нек-рое кол-во ионов H^+ , т. е. изменяется рН р-ра, что особенно заметно в нейтральных средах. Водородный электрод применяют в широком интервале т-р, отвечающем существованию водных р-ров. Следует, однако, учитывать, что при повышении т-ры парциальное давление водорода падает вследствие роста давления паров р-рителя и обусловленное этим изменение потенциала Э. с. соответствует ур-нию $\Delta E = \frac{2,3RT}{F} \lg \frac{98,0655}{p - p_s}$, где p – барометрич. давление (в кПа),

а p_s – суммарное давление насыщ. паров над р-ром (кПа). Возможность использования водородного электрода в орг. средах требует спец. проверки, т. к. Pt может катализировать процессы с участием орг. соед., вследствие чего нарушается равновесие электродной р-ции и электрод приобретает стационарный потенциал, отличный от равновесного.

Каломельный Э. с. изготавливают, используя ртуть и р-ры каломели в хлориде калия. Электродная р-ция на этом электроде отвечает ур-нию: $2Hg + 2Cl^- \rightleftharpoons Hg_2Cl_2$, а соответствующее ур-ние Нернста имеет вид:

$$E = E^0 - \frac{RT}{F} \ln a_{Cl^-},$$

где E^0 – стандартный потенциал. В зависимости от концентрации KCl различают насыщенный, нормальный и децинормальный каломельные Э. с. Эти Э. с. хорошо воспроизводимы, устойчивы и пригодны для работы при т-рах до 80 °С. При более высоких т-рах начинается разложение хлорида ртути. Часто каломельный Э. с. подсоединяют через солевой мостик, состоящий из концентриров. р-ра KCl для снижения диффузионного потенциала. Потенциал E каломельного Э. с. зависит от т-ры, причем температурный коэф. минимален для децинормального электрода, для к-рого $E = 0,3365 - 6 \times 10^{-5}(t - 25)$, где t – т-ра (°С).

Галогеносеребряные Э. с. представляют собой серебряную проволоку, покрытую галогенидом серебра, к-рый наносится путем термич. или электрохим. разложения соли серебра. Электродная р-ция отвечает ур-нию: $Ag + Hal^- \rightleftharpoons AgHal + e$ (Hal – галоген), а ур-ние Нернста

имеет вид: $E = E^0 - \frac{RT}{F} \ln a_{Hal^-}$. Удобны при работе с электро-

хим. ячейками без жидкостного мостика, применимы как в водных, так и во мн. неводных средах, устойчивы при повышенных т-рах. В области т-р 0–95 °С потенциал хлор-серебряного Э. с. описывается ур-нием: $E = 0,23655 - 4,8564 \cdot 10^{-4}t - 3,4205 \cdot 10^{-6}t^2 + 5,869 \cdot 10^{-9}t^3$.

Оксидно-ртутный Э. с. готовят из ртути и насыщенных р-ров оксида ртути в водном р-ре щелочи. Электродная р-ция: $Hg_2O + 2e + H_2O \rightleftharpoons 2Hg + 2OH^-$;

ур-ние Нернста: $E = E^0 - \frac{RT}{F} \ln a_{OH^-}$. Удобен при работе в

щелочных р-рах, т. к. при этом легко реализовать цепи без жидкостного соединения.

Хингидронный Э. с. представляет собой платиновую проволоку, опущенную в насыщ. р-р хингидрона. Электродная р-ция: $C_6H_4(OH)_2 \rightleftharpoons C_6H_4O_2 + 2H^+ + 2e$. Стандартный потенциал $E^0 = 0,6992$ В. Используется в интервале рН 0–6, а в буферных р-рах в отсутствие сильных окислителей – до рН $\approx 8,5$. В интервале т-р 0–50 °С потенциал хингидронного Э. с. выражается ур-нием: $E = 0,6992 - 7,4 \cdot 10^{-4}(t - 25) + [0,0591 + 2 \cdot 10^{-4}(t - 25)] \lg a_{H^+}$.

При измерениях в неводных средах в принципе можно применять водные Э. с., если создать воспроизводимую границу водного и неводного р-ров и учитывать возникающий на этой границе диффузионный потенциал. Часто в неводных средах используют Э. с. на основе серебра в р-ре его соли.

В расплавленных солевых системах наиболее часто используют Э. с., основанные на паре $Ag/AgCl$, к-рая стабильна в разл. расплавах.

Потенциалы водных Э. с. по отношению к стандартному водородному электроду при 25 °С приведены в табл.:

Электрод	Потенциал, В
Насыщенный каломельный: $Hg Hg_2Cl_2$, насыщенный KCl	0,2412
Нормальный каломельный: $Hg Hg_2Cl_2$, 1M KCl	0,2801
Децинормальный каломельный: $Hg Hg_2Cl_2$, 0,1M KCl	0,3337
Хлорсеребряный: $Ag AgCl$, насыщенный KCl	0,197
Оксидно-ртутный: $Hg HgO$, 0,1M NaOH	0,926

Лит.: Справочник по электрохимии, под ред. А. М. Сухотина, Л., 1981; Практикум по электрохимии, под ред. Б. Б. Дамаскина, М., 1991; Ives D. J. G., Janz G. J., Reference electrodes, N. Y., 1961; Minh N. Q., Redey L., в кн.: Molten salt techniques, v. 3, eds. D. C. Loverning, R. J. Gale, N. Y., 1984, p. 105–287.

О. А. Петрий.

ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАСЛА, см. Изоляционные масла.

ЭЛЕКТРОКАПИЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ, *поверхностные явления*, возникающие на границе двух фаз с участием заряженных частиц (ионов и электронов). В двухфазной электрохим. системе одна из фаз (электрод) м. б. жидкостью (ртуть, галлий, амальгамы, жидкие сплавы на основе Ga – галламы, расплавы металлов) либо твердым телом (металл или полупроводник), другая фаза – р-р или расплав электролита. Э. я. обусловлены зависимостью работы образования границы раздела фаз от *электродного потенциала* и состава р-ра. В случае жидкого электрода обратимая работа образования пов-сти σ совпадает с *поверхностным натяжением* γ , для твердых электродов σ и γ связаны соотношением:

$$\gamma = \sigma + ds/d \ln s,$$

где s – площадь пов-сти раздела фаз.

Э. я. отражают связь между обратимой работой образования пов-сти и разностью электр. потенциалов на границе фаз. Графически эта связь выражается *электрокапиллярной кривой*. Такую кривую для жидкого ртутного электрода можно получить, используя капиллярный электрометр, в к-ром граница Hg – р-р создается в тонком конич. вертикально расположенном капилляре. На ртутный микроэлектрод подается определенный потенциал E и измеряется высота столба ртути, удерживающего ртутный мениск в капилляре в одном и том же положении. Как следует из теории капиллярности, высота ртутного столба над ртутным мени-

ском является мерой уд. поверхностной энергии на границе ртуть – р-р. Электрокапиллярные кривые, полученные в обычных электролитах (разб. р-ры H_2SO_4 , KOH , KNO_3 , Na_2SO_4 и др.), имеют форму перевернутой параболы; присутствие в р-ре ионов Bg^- , I^- , S^{2-} и др. смещает максимум кривой в сторону более отрицат. потенциалов, уменьшает поверхностное натяжение. Присутствие ионов Tl^+ , $N(C_2H_5)_4^+$ и др. сдвигает максимум в сторону более положит. потенциалов и также уменьшает поверхностное натяжение. К совр. методам изучения Э. я. относится т. наз. метод стационарных капель, основанный на изучении формы капли жидкого металла, расположенной на горизонтальной пов-сти. Этот метод позволяет получать абс. значения σ , необходимые для калибровки электрокапиллярных кривых.

Ур-ние, описывающее форму электрокапиллярных кривых, было получено Г. Липпманом в 1875. Оно устанавливает связь между поверхностным натяжением σ , потенциалом электрода E и зарядом q на границе ртуть – р-р:

$$-d\sigma/dE = q.$$

В максимуме электрокапиллярной кривой $d\sigma/dE = 0$, следовательно, $q = 0$. Это ур-ние позволяет вычислить заряд пов-сти металла и рассчитать т. наз. дифференциальную емкость двойного электр. слоя: $C_d = dq/dE = -d^2\sigma/dE^2$.

Зависимость поверхностного натяжения от состава р-ра математически выражается адсорбционным ур-нием Гиббса:

$$d\sigma = RT \sum_i \Gamma_i d \ln a_i,$$

где Γ_i – поверхностный избыток (гиббсовская адсорбция) ионов сорта i ; a_i – их термодинамич. активность; T – абс. т-ра; R – газовая постоянная. Для пов-сти раздела фаз электрод–р-р ур-ние принимает вид:

$$d\sigma = -qdE - RT \sum_i \Gamma_i d \ln a_i.$$

Это ур-ние (ур-ние Фрумкина) является основным ур-нием электрокапиллярности. В случае постоянства состава р-ра из него следует ур-ние Липпмана:

$$(\partial\sigma/\partial E)_{p,T,a_i} = -q.$$

Ур-ние Фрумкина позволяет рассчитывать адсорбцию ионов и орг. в-в на электроде.

В случае твердых электродов абсолютные значения σ не м. б. получены экспериментально, однако разл. методами можно оценить либо рассчитать изменение $\Delta\sigma$ при изменении потенциала. Метод смачивания состоит в измерении зависимости краевого угла смачивания θ от потенциала электрода E . Измерения показывают, что зависимость θ от E проходит через максимум при потенциале нулевого заряда $E_{q=0}$, как и электрокапиллярная кривая. Изучение зависимости твердости электрода от потенциала E показывает, что максимум твердости также приходится на потенциал нулевого заряда, а сама твердость зависит от величин адсорбции ионов или орг. молекул на границе электрод–р-р. В т. наз. методе эстанса электрод из исследуемого металла L -образной формы касается пов-сти р-ра; при наложении на электроды постоянной и переменной (малой амплитуды) разности потенциалов колебания потенциала E около заданного значения E_0 вызывают колебания межфазного натяжения $\Delta\gamma$ и обуславливают мех. колебания электрода, к-рые при помощи пьезоэлемента превращаются в электр. сигнал, пропорциональный $\Delta\gamma/\Delta E$. Согласно теории метода (А. Я. Гохштейн, 1965),

$$(\partial\gamma/\partial E)_{a_i} = -q - (\partial q/\partial \ln s)_{E_0, a_i}.$$

Для электродов из Pb , Bi , Tl , Cd вторым слагаемым в правой части этого ур-ния можно пренебречь и кривая зависимости $(\partial\gamma/\partial E)_{a_i}$ от E_0 отражает изменение γ при изменении потенциала электрода, проходя через нуль при потенциале нулевого заряда. Для ряда металлов, напр. Pt , величиной $(\partial q/\partial \ln s)_{E_0, a_i}$ нельзя пренебречь по сравнению с $|q|$ и зависимость $(\partial\gamma/\partial E)_{a_i}$ от E_0 оказывается более сложной.

Согласно термодинамич. теории обратимых электродов (А. Н. Фрумкин, О. А. Петрий, 1967), для электродов, адсорбирующих водород и кислород, м. б. получены два типа электрокапиллярных кривых и два ур-ния Липпмана, отражающих зависимости обратимой работы образования пов-сти при условиях постоянства рН р-ра и давления H_2 в системе. Такие электрокапиллярные кривые м. б. рассчитаны интегрированием кривых заряжения и кривых зависимости свободного заряда пов-сти от потенциала.

Лит.: Гохштейн А. Я., Поверхностное натяжение твердых тел и адсорбция, М., 1976; Фрумкин А. Н., Потенциалы нулевого заряда, М., 1979; Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Введение в электрохимическую кинетику, 2 изд., М., 1983; Антропов Л. И., Теоретическая электрохимия, 4 изд., М., 1984.

О. А. Петрий.

ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗ, изменение скорости или направления электрохим. процесса в зависимости от материала электрода или модификации его пов-сти. Термин «Э.» относят к процессам, общие стехиометрич. ур-ния к-рых не включают материал электрода, напр. выделение водорода, кислорода, хлора, электроокисление или электровосстановление орг. соединений и т. п. Электрохим. р-ции типа анодного растворения меди ($Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e$) или катодного восстановления анионов $S_2O_8^{2-}$ до SO_4^{2-} к электрокаталитическим не относятся.

Как правило, электрокаталитическими являются многостадийные процессы, в к-рых одной из обязат. стадий является адсорбция на электроде тех или иных компонентов электродной р-ции (исходных, промежуточных или конечных). Это связано с тем, что с учетом структуры двойного электрич. слоя скорость р-ции, не сопровождающейся адсорбцией, оказывается практически не зависящей от материала электрода. Нек-рые ученые относят к Э. лишь процессы, в к-рых имеет место хемосорбция к.-л. компонентов р-ции.

Типичным электрокаталитич. процессом является электроокисление орг. соед. на металлах платиновой группы, к-рое, как правило, сопровождается деструкцией исходных молекул, их дегидрированием (или их фрагментов), прочной хемосорбцией промежут. частиц, причем нек-рые из этих частиц м. б. каталитич. ядами по отношению к токоопределяющему маршруту анодного процесса. Так, электрокаталитич. окисление предельных углеводородов (C_1-C_6) на Pt -электроде до CO_2 обусловлено наличием сложной цепочки промежут. стадий, включающей разрыв связей $C-C$, $C-H$, хемосорбцию фрагментов исходных молекул на пов-сти металла-катализатора, участие в отд. стадиях адсорбир. молекул $H_2O_{адс}$ или частиц $OH_{адс}$ и т. п. Граница между «чисто электрохимич.» и электрокаталитич. р-циями является весьма условной.

Осн. отличие электрокаталитич. р-ций от гетерогенно-каталитических – зависимость скорости процесса от потенциала электрода E . Кинетич. ур-ние электрокаталитич. р-ции выражает аналит. связь между током I через электрохим. ячейку и потенциалом E , объемной концентрацией c_i исходных реагирующих в-в, поверхностными концентрациями (заполнениями пов-сти) частиц, участвующих в токоопределяющем маршруте (или маршрутах) процесса (θ_j), и других адсорбир. или хемосорбир. частиц, таких, как ионы р-ра, продукты превращения исходных реагентов и молекул р-рителя и т. п. (θ_m). В общем виде это выражение можно записать след. образом:

$$I = k f(E, c_i, \theta_j, \theta_m),$$

где k – постоянная. Меняя E , можно на неск. порядков изменить скорость целевой р-ции; при этом значение E влияет как на энергию активации р-ции, так и (в осн.) на поверхностные концентрации θ_j и θ_m . Во мн. случаях с изменением E меняются не только θ_j и θ_m но и природа частиц j и m , что приводит к изменению направления электродного процесса. В Э., как и в жидкофазном катализе, важную роль играет адсорбция р-рителя, однако специфичкой Э. является возможность участия в разл. стадиях процесса частиц, образующихся в результате электрохим. р-ций с участием р-рителя (напр., в водных р-рах – частиц $H_{адс}$ и $OH_{адс}$). Другая особенность Э. – адсорбция на пов-сти ионов фонового электролита и ее влияние на электродные р-ции.

Строгой теории, связывающей физ. и хим. св-ва металла с его электрокаталитич. активностью, не существует даже для относительно простых и ярко выраженных случаев Э. Это относится и к наиб. изученной р-ции – ионизации–разряда водорода, ток обмена к-рой в зависимости от природы электрода меняется более чем на 10 порядков (наименее активны Hg, Cd, Pb, наиб. активны Pt, Rh, Ir). Представления о механизме Э. пока носят феноменологич. характер. Влияние на скорость р-ции материала электрода связывается прежде всего с изменением энергии адсорбции и степени заполнения пов-сти частицами j и m . К наиб. активным электродным материалам относятся металлы группы Pt и Ni, что, по-видимому, в первую очередь обусловлено их высокой адсорбционной (хемосорбционной) способностью. В этом отношении Э. аналогичен гетерогенному катализу.

Из неметаллич. электрокатализаторов неорг. природы (оксидов, карбидов, сульфидов и др.) наиб. изучены оксидные системы и углеродные материалы. Устойчивость оксидов при высоких анодных потенциалах объясняет их преим. использование в р-циях электроокисления и электросинтеза (типичный пример – применение оксидных рутениево-титановых анодов ОРТА в процессе выделения хлора). Большое число функц. групп на пов-сти углеродных материалов позволяет осуществлять на них широкий круг электрокаталит. процессов с достаточно высокой селективностью.

Активность смешанных электрокатализаторов, состоящих из неск. компонентов, часто оказывается выше активности отд. составляющих. Напр., скорость электроокисления метанола на сплаве Pt–Ru повышается на 3 порядка по сравнению со скоростью процесса на Pt. Выяснение причин повышения активности при переходе к смешанным катализаторам включает прежде всего установление корреляций между объемными и поверхностными св-вами электрода, поскольку даже элементный состав поверхностного слоя нередко может существенно отличаться от объемного состава.

В Э. широко используют модифицирование пов-сти домнослонными, моно- или полислоевыми покрытиями. Адапты, образующиеся в результате адсорбции ионов с практически полным переносом заряда (напр., $\text{Sn}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Sn}_{\text{адс.}}$), также нередко активируют пов-сть. Модифицирование пов-сти разл. непроводящими орг. соед., включая металлоорг. комплексы и полимеры, позволяет создавать системы со специфич. адсорбционными и каталитич. св-вами, обусловленными в первую очередь функц. группами модификатора. Для таких систем часто используют назв. «химически модифицированные электроды». Ускорение электр. р-ций в присутствии биол. катализаторов – ферментов – часто наз. биоэлектрокатализом.

Впервые термин «Э.» был использован Н. И. Кобзевым и В. В. Монблановой в 1934. Как самостоят. научное направление Э. сформировался в 60-х гг. 20 в. в связи с проблемой создания топливных элементов. Широкое развитие работ по Э. вызвано прежде всего запросами практики. Активные и селективные электрокатализаторы необходимы для создания высокоэкономичных процессов электролиза (в произ-вах водорода, кислорода, хлора и т. д.) и электрохим. генераторов (водород-кислородных, на орг. топливе и др.), для проведения и интенсификации электросинтеза орг. и неорг. соед., разработки разнообразных датчиков (в т. ч. мед. назначения), решения проблем экологии.

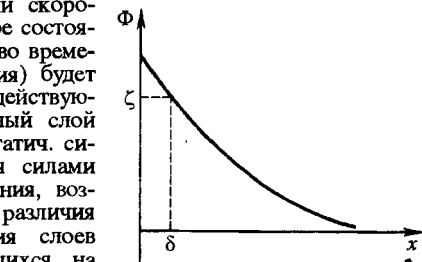
Лит.: Проблемы электрокатализа, под ред. В. С. Багоцкого, М., 1980; Электрохимические процессы в растворах органических соединений, под ред. Б. Б. Дамаскина, М., 1985; Appleby A. J., в кн.: Comprehensive treatise of electrochemistry, v. 7, N. Y.–L., 1983, p. 173–239. Б. И. Подволоченко.

ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, группа явлений, наблюдаемых в дисперсных системах, мембранах и капиллярах; включает электроосмос, электрофорез, потенциал течения и потенциал оседания (седиментационный потенциал, или эффект Дорна). Электроосмос – течение жидкости в капиллярах и пористых телах, вызванное внеш. электр. полем; обратное ему Э. я. – потенциал течения – появление электр. разности потенциалов на концах капилляра или мембраны при протекании жидкости. Электрофорез –

рез – движение твердых частиц или капель, взвешенных в электролите, при наложении электр. поля. Обратное Э. я. – появление электр. разности потенциалов на границах облака оседающих (седиментирующих) частиц, взвешенных в электролите (эффект Дорна).

Осн. роль в возникновении Э. я. играет двойной электрический слой (ДЭС), формирующийся у пов-сти раздела фаз. Внеш. электр. поле, направленное вдоль границы раздела фаз, вызывает смещение одного из ионных слоев, образующих ДЭС, по отношению к другому, что приводит к относит. перемещению фаз, т. е. к электроосмосу или электрофорезу. Аналогичным образом при относит. движении фаз, вызываемом мех. силами, происходит перемещение ионных слоев ДЭС, что приводит к пространств. разделению зарядов (поляризации) в направлении движения и к перепаду электр. потенциала (потенциал течения, потенциал оседания).

Рассмотрим, напр., электроосмотич. скольжение электролита в капилляре или порах мембраны. Примем для определенности, что на пов-сти адсорбированы отрицат. ионы, к-рые закреплены неподвижно, а положит. ионы формируют диффузную часть ДЭС. Внеш. поле E направлено вдоль пов-сти. Электростатич. сила, действующая на любой произвольный элемент диффузной части ДЭС, вызывает движение этого элемента вдоль пов-сти. Поскольку плотность заряда в диффузной части ДЭС $\Phi(x)$ меняется в зависимости от расстояния до пов-сти x (рис.), разл. слои жидкого электролита движутся с разными скоростями. Стационарное состояние (неизменность во времени скорости течения) будет достигнуто, когда действующая на произвольный слой жидкости электростатич. сила скомпенсируется силами вязкого сопротивления, возникающими из-за различия скоростей движения слоев жидкости, находящихся на разном удалении от пов-сти. Ур-ния гидродинамики, описывающие движение жидкости при постоянных вязкости жидкости η и ее диэлектрич. проницаемости ϵ , м. б. решены точно, результатом решения является распределение скорости течения:



Распределение потенциала в двойном электрическом слое; x – расстояние от пов-сти.

$$u(x) = -\frac{\epsilon E}{4\pi\eta} [\zeta - \Phi(x)]. \quad (1)$$

Здесь ζ – значение электр. потенциала на расстоянии δ от пов-сти, где скорость течения жидкости обращается в нуль (т. наз. плоскость скольжения).

На больших расстояниях от пов-сти $\Phi(x) \rightarrow 0$ и скорость течения вне пределов диффузной части ДЭС оказывается постоянной:

$$u_s = -\frac{\epsilon E}{4\pi\eta} \zeta. \quad (2)$$

Эта постоянная величина наз. скоростью электроосмотич. скольжения. Такое назв. было введено потому, что для толщин ДЭС, много меньших характерных размеров капилляров с электролитом или твердых частиц дисперсной фазы, течение выглядит как скольжение жидкости вдоль твердой пов-сти со скоростью u_s .

Параметр ζ , наз. дзета-потенциалом (ζ -потенциалом), является осн. характеристикой Э. я. В реальных системах вязкость и диэлектрич. проницаемость жидкости зависят от расстояния до твердой пов-сти, однако и в этих случаях скорость электроосмотич. скольжения также можно представить в виде выражения (2), но интерпретация параметра ζ усложняется, поскольку он несет в себе информацию не только о распределении электростатич. потенциала в диффузной части ДЭС, но и об особенностях структуры и реологич. поведения жидкости в граничных слоях. Несмотря

на сложность интерпретации ζ -потенциала, он является одной из важнейших характеристик жидких коллоидных систем. Его значение и характер изменения при варьировании параметров электролита, адсорбции на пов-сти разл. в-в и т. п. позволяет судить о структуре граничных слоев, особенностях взаимод. компонентов р-ра с пов-стью, заряде пов-сти и т. д. Кроме того, выражение (1) для скорости электроосмотич. скольжения справедливо для капилляров произвольной геометрии при условии, что толщина ДЭС мала в сравнении с радиусом капилляра.

В капиллярнопористых телах, мембранах, горных породах, почвах и др. связнодисперсных системах, характеризующихся твердым каркасом и системой открытых пор, заполненных р-ром электролита, граничные слои жидкости с измененными св-вами составляют значит. долю от объемной фазы. В этих условиях Э. я. тесно связано с адсорбцией ионов, для отражения этой связи часто пользуются термином «электроповерхностные явления».

Э. я., обратное электроосмосу, – возникновение потенциала течения – удобно рассмотреть на примере проницаемой мембраны, разделяющей резервуары с электролитом. При наложении перепада давления Δp и течения жидкости под действием этого перепада с расходом V появляется электрич. ток через мембрану. Природа этого тока – увлечение ионов подвижной части ДЭС. Поскольку в диффузной части ДЭС имеется избыток ионов одного знака, возникает конвективный перенос заряда по порам мембраны, т. е. через мембрану течет ток. Если к резервуарам, разделенным мембраной, не подводятся электрич. заряды, то по одну сторону мембраны будут накапливаться положит. заряды, а по другую – отрицательные. Накопление зарядов в резервуарах приводит к появлению разности потенциалов между ними и протеканию электрич. тока I во всем объеме электролита в порах мембраны; направление тока противоположно конвективному переносу зарядов. Накопление зарядов в резервуарах и увеличение разности потенциалов между ними будет происходить до тех пор, пока не произойдет полной компенсации конвективного тока. Этому стационарному состоянию отвечает разность потенциалов $\Delta \varphi_s$, к-рая наз. потенциалом течения.

Электроосмос и электрич. ток через мембрану (возникновение потенциала течения) – перекрестные явления, связанные феноменологич. ур-ниями в рамках *термодинамики необратимых процессов*. Расход V и ток I связаны с перепадом давления Δp и электростатич. потенциалом $\Delta \varphi$ на торцах мембраны ур-ниями:

$$V = L_{11}\Delta p + L_{12}\Delta \varphi, \quad (3)$$

$$I = L_{21}\Delta p + L_{22}\Delta \varphi,$$

где кинетич. коэф. L_{11} , L_{12} , L_{21} и L_{22} характеризуют соотв. гидродинамич. проницаемость мембраны, скорость электроосмотич. течения, ток течения и уд. электропроводность электролита в мембране. Кинетич. коэффициенты удовлетворяют соотношению Онсагера: $L_{12} = L_{21}$. Ур-ния (3) и соотношения Онсагера устанавливают простую связь между электроосмосом и потенциалом течения:

$$\left(\frac{\Delta \varphi_s}{\Delta p} \right)_{I=0} = - \left(\frac{V}{I} \right)_{\Delta p=0} \quad (4)$$

Отношение $(V/I)_{\Delta p=0}$ носит назв. электроосмотич. переноса. Оно является одной из осн. характеристик разделит. мембран (см. *Мембранные процессы разделения*). В случае тонких ДЭС это отношение м. б. легко рассчитано для мембран с произвольной геометрией пор. На основе подобия распределений электрич. полей и скоростей электроосмотич. течения установлено след. соотношение:

$$\left(\frac{V}{I} \right)_{\Delta p=0} = \frac{e\zeta}{4\pi\kappa}, \quad (5)$$

где κ – уд. электрич. проводимость электролита.

Электрофоретич. движение частиц в электролите имеет родственную электроосмосу природу: внеш. электрич. поле 849

увлекает ионы подвижной части ДЭС, заставляя слои жидкости, граничащие с частицами, перемещаться относительно пов-сти частиц. Однако в силу массивности объема жидкости и малости взвешенных частиц эти перемещения сводятся к отсутствию внеш. сил к движению частицы в покоящейся жидкости. Для непроводящих частиц с плоской пов-стью в системах с тонкой диффузной частью ДЭС скорость электрофореза совпадает со скоростью электроосмотич. скольжения, взятой с обратным знаком. Для проводящих сферич. частиц скорость электрофореза м. б. рассчитана по ур-нию:

$$v = \frac{e\zeta}{4\pi\kappa} \frac{2\kappa}{2\kappa + \kappa'}, \quad (7)$$

где κ' – уд. электрич. проводимость частицы. В этом ур-нии учитываются особенности искажения силовых линий электростатич. поля в окрестности проводящей частицы. С увеличением толщины диффузной части ДЭС скорость электрофореза начинает зависеть от отношения дебаевского радиуса к диаметру частицы. В общем случае эта зависимость имеет довольно сложный характер.

Эффект Дорна связан с конвективным переносом ионов диффузной части ДЭС при движении частицы в электролите. Конвективные потоки ионов поляризуют двойной слой, и частицы в целом приобретают дипольный момент. При этом силовые линии электрич. поля выходят за пределы двойного слоя. При движении в электролите ансамбля частиц с дипольными моментами, имеющими одну и ту же ориентацию, порождаемые этими моментами электрич. поля складываются и в системе возникает однородное электрич. поле, направленное параллельно (или антипараллельно) скорости движения частиц (группу движущихся с одинаковой скоростью частиц можно рассматривать как своеобразную мембрану, сквозь к-рую протекает электролит). Если частицы движутся в пространстве между двумя электродами, то на последних возникает разность потенциалов, к-рая м. б. измерена. В частном случае осаждения ансамбля частиц под действием сил гравитации эта разность потенциалов наз. потенциалом оседания (седиментац. потенциалом).

Электрофорез и эффект Дорна м. б. описаны парой феноменологич. ур-ний неравновесной термодинамики с кинетич. коэф. l_{11} , l_{12} , l_{21} и l_{22} :

$$v = l_{11}F + l_{12}E \quad (8)$$

$$4\pi\kappa M = l_{21}F + l_{22}E,$$

где v – скорость движения частицы; F – действующая на нее сила; E – напряженность внеш. электрич. поля; M – индуцированный на частице дипольный момент. Кинетич. коэф., определяющие скорость электрофореза и дипольный момент в эффекте Дорна, удовлетворяют соотношению Онсагера: $l_{12} = l_{21}$.

Исторический очерк. Электроосмос и электрофорез были открыты Ф. Ф. Рейссом в 1809, к-рый наблюдал вызванное внеш. электрич. полем перемещение жидкости в U-образной трубке, перегороденной в ниж. части мембраной из кварцевого песка, и движение глинистых частиц в покоящейся жидкости при наложении электрич. поля. Г. Видеман установил (1852), что скорость электроосмотич. течения пропорциональна силе тока и отношению $(V/I)_{\Delta p=0}$ не зависит от площади сечения и толщины мембраны.

В 1859 Г. Квинке предположил, что должно иметь место явление, обратное электроосмосу, и наблюдал возникновение потенциала течения на мембранах разл. природы, а в 1880 Э. Дорн обнаружил возникновение разности потенциалов в трубке, заполненной водой, при центрифугировании в ней суспензии кварца.

Разл. аспекты теории Э. я. были предложены Г. Гельмгольцем (1879) для простейшей модели ДЭС как мол. конденсатора, затем М. Смолуховским (1906) для случая протяженного ДЭС. Именно Смолуховский вывел ф-лу для расчета скорости электрофореза и дал количеств. теорию седиментационного потенциала. Ему же удалось выяснить сущность отличия термодинамич. Ψ -потенциала (см. *Межфазные скачки потенциала*) от электрокинетич. ζ -потенциала.

В разное время были предложены теор. расчеты скорости электрофореза для частиц, размеры к-рых меньше толщины ДЭС (Э. Хюккель, 1924), для проводящих частиц произвольного размера (Д. Генри, 1931), с учетом поляризации ДЭС внеш. полем (Я. Овербек, 1943). Применение методов термодинамики неравновесных явлений к изучению Э. я. развили Б. В. Дерягин и С. С. Духин (1966).

Практическое применение. Электроосмос используют для обезживания пористых тел – при осушке стен зданий, сыпучих материалов и т. п., а также для пропитки материалов. Все шире применяют электроосмотич. фильтрование, сочетающее фильтрование под действием приложенного давления и электроосмотич. перенос жидкости в электр. поле. Использование электрофореза связано с нанесением покрытий на детали сложной конфигурации, для покрытия катодов электроламп, полупроводниковых деталей, нагревателей и т. п. Этот метод применяется также для фракционирования полимеров, минеральных дисперсий, для извлечения белков, нуклеиновых к-т. Лекарств. электрофорез – метод введения в организм через кожу или слизистые оболочки разл. лек. средств. Эффект возникновения потенциала течения используется для преобразования мех. энергии в электрическую в датчиках давления.

Лит.: Кройт Г., Наука о коллоидах, пер. с англ., М., 1955; Духин С. С., Дерягин Б. В., Электрофорез, М., 1976; Ньюмен Дж., Электрохимические системы, пер. с англ., М., 1977.

В. И. Ролдугин.

ЭЛЕКТРОКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ, образование и рост кристаллов в объеме р-ра (расплава) или на пов-сти электрода в результате протекания электрохим. р-ции. Является *фазовым переходом* I рода. Имеет много общего с *кристаллизацией* из пара и р-ра, но в отличие от этого процесса в условиях Э. происходит акт переноса заряда, к-рый предшествует встраиванию атомов в места роста кристаллов или протекает одновременно с ним.

Различают гомогенную и гетерогенную электрохим. нуклеацию, т. е. зарождение кристаллов новой фазы. Первая имеет место, напр., при восстановлении ионов в объеме р-ра с образованием коллоидных частиц, вторая – при восстановлении ионов на пов-сти электрода. Зарождению кристаллов на пов-сти электрода может предшествовать образование слоев адсорбированных атомов (адатомов) осаждаемого в-ва, чаще всего металла. Возникновение монокристаллов (иногда двух- и трехатомных) слоев происходит при электродных потенциалах, на неск. десятков мВ положительнее равновесного. Степень заполнения пов-сти адсорбированными атомами влияет на скорость зарождения кристаллов новой фазы (число зародышей в единице объема, образующихся за единицу времени).

Зарождение кристаллов в условиях Э. требует превышения электрохим. потенциала системы $\Delta\varphi$, пропорционального перенапряжению η (см. *Поляризация*): $\Delta\varphi = nF\eta$, где n – число участвующих в р-ции электронов; F – постоянная Фарадея. Нуклеация в объеме р-ра или на пов-сти инертного электрода начинается путем образования трехмерных зародышей, т. е. частиц, размеры к-рых соизмеримы по всем кристаллографич. направлениям. Для малых η кинетика электрохим. нуклеации описывается классич. флукуационной теорией, согласно к-рой в результате флукуац. процессов присоединения и отрыва частиц в маточной среде возникает набор кластеров, распределенных по размерам (см. *Зарождение новой фазы*). Частоты присоединения и отрыва частиц для электрохим. систем определяются величиной η , зависят от кривизны пов-сти кластеров и адсорбционных характеристик. Вероятность возникновения кластера данного размера определяется законом распределения Больцмана, а кинетика – частотами присоединения и отрыва частиц. Кластер, присоединение атома к к-рому делает его устойчивым к дальнейшему росту при данном перенапряжении, наз. к р и т и ч. з а р о д ы ш е м, работа образования к-рого для гомогенного зарождения равна:

$$A = \Phi \frac{V^2 \gamma^3}{(nF\eta)^2},$$

где Φ – фактор формы зародыша; V – молярный объем кристаллич. фазы; γ – уд. межфазная поверхностная энергия.

Соответственно скорость зарождения кристалла I при т-ре T описывается ур-нием:

$$I = k \exp(-A/kT),$$

где k – постоянная Больцмана. Для систем с высокими значениями *тока обмена* (электроды из Ag, Pb, Hg) в небольших интервалах изменений η коэф. k остается постоянной величиной и наблюдается линейная зависимость $\lg I$ от $1/\eta^2$. С ростом η размер критич. зародыша уменьшается и при высоких η зародыш может состоять из единичных атомов. В этом случае использование значения γ в ур-нии для A становится некорректным, кинетика электрохим. нуклеации описывается атомистич. теорией, согласно к-рой скорость образования зародышей и число атомов в зародыше дискретно изменяются с ростом η . Число атомов в зародыше остается неизменным в нек-ром интервале значений η .

Критич. зародыши образуются на активных центрах пов-сти электрода. Такими центрами м. б. поры в оксидной пленке, выходы винтовых дислокаций, вакансии, изломы на ступенях роста и др. энергетич. неоднородности пов-сти. Число активных центров, участвующих в процессе электрохим. нуклеации, возрастает с увеличением η . Вокруг возникшего и растущего кристалла образуются зоны экранирования («дворики роста»), в к-рых нуклеации не происходит. Радиус зон экранирования уменьшается с ростом η . Постепенно происходит истощение числа свободных активных центров и прекращение зарождения новых кристаллов, наступает насыщение. Адсорбция примесей из р-ра на электроде снижает число активных центров и, соотв., общее число зародышей. Стадия зарождения кристаллов определяет в конечном итоге осн. физ.-мех. св-ва гальванич. покрытий, в т. ч. их пористость.

На атомногладкой грани кристалла его рост происходит путем образования двумерного критич. зародыша и его последующего разрастания. Возникновение двумерного зародыша требует определенного перенапряжения η , связанного с возникновением новой пов-сти – ступени роста и, соотв., избыточной краевой энергии. Распространение растущего слоя по пов-сти грани происходит тангенциально, путем присоединения атомов к местам роста (изломам на ступени). Такая Э. наблюдается на бездислокационных гранях монокристаллов Ag, полученных электролизом в капиллярах. При повышении η по грани распространяются многочисленные «пакеты роста».

На гранях, имеющих выходы винтовых дислокаций и вследствие этого не исчезающую ступень, распространение слоев при Э. происходит в виде спирали, путем присоединения атомов к ступени роста. Грань (или ее часть) принимает форму пирамиды. Чем выше η , тем меньше угол при вершине пирамиды. Подобная Э. по дислокационному механизму не требует затрат энергии на образование двумерных критич. зародышей.

При высоких η , равных 5–10 кТ (150–300 мВ), становится возможным «нормальный» рост кристаллов, т. е. прямое присоединение атомов к пов-сти растущей грани в любой ее точке. Грани становятся шероховатыми, теряются такие св-ва кристалла, как устойчивость роста грани и анизотропия скоростей роста по разл. кристаллографич. направлениям. В результате кристаллы приобретают округлую форму.

Кинетика Э. Фазовый переход ион в р-ре → атом в кристаллич. решетке металла протекает через ряд стадий: разряд иона с образованием адатомов, их поверхностная диффузия к месту роста и встраивание в кристаллич. решетку. Каждая из стадий может определять скорость процесса. При низких перенапряжениях (< 30 мВ) для Cu и Ag скорость процесса определяется поверхностной диффузией, при более высоких перенапряжениях – стадией переноса заряда. Адаомы могут нести нек-рый электрич. заряд вследствие частичного разряда ионов. Вероятность разряда иона непосредственно в месте роста или на пов-сти грани с последующей диффузией адатомов к месту роста зависит от концентрации ионов в р-ре, энергии их десольватации и энергии связи атомов в кристаллич. решетке. Предполагается, что преимущественный разряд ионов в месте роста может происходить при энергии субли-

мации (характеризующей энергию связи атомов в решетке) более 300 Дж/моль.

Формы роста кристаллов определяются относит. пересыщением p -ра, k -рое в условиях Э. соответствует величине $\exp(-nF\eta/RT) - 1$ (R — газовая постоянная), а также концентрацией разряжающихся ионов, условиями массопереноса, адсорбцией примесей. При малых плотностях тока через электрохим. ячейку и, соотв., низких перенапряжениях η наблюдается рост единичных кристаллов, в частности нитевидных. Кол-во металла, выделяющегося на единице площади пов-сти растущих граней при электролизе, сохраняется постоянным при разл. величинах силы тока и, соотв., общая площадь растущих граней подстраивается к заданной плотности тока. Быстро растущие грани кристаллов вырождаются в процессе роста, кристалл оказывается оформленным медленно растущими гранями. В отсутствие примесей кристаллы с гранецентрир. или объемноцентрир. кубич. решетками обычно оформлены гранями (111), (100), (110).

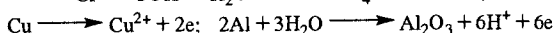
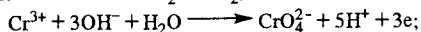
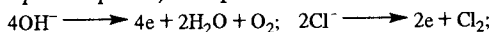
При малых концентрациях ионов в p -ре массоперенос к растущей пов-сти играет главенствующую роль в определении морфологии роста кристаллов при Э. Высокие плотности тока обеспечивают перенапряжение, достаточное для роста боковых граней нитевидного кристалла, на катоде возникают дендриты. Адсорбция и соосаждение примесей тормозят линейный рост кристаллов, вызывают искажение кристаллич. решетки и понижают устойчивость фронта роста граней, способствуют образованию на электроде соматоидных структур. При больших концентрациях соосаждающихся примесей (P, B, S и др.) кристаллич. решетка оказывается предельно нарушенной, возникают системы аморфного строения — металлич. стекла.

Э. — уникальный метод для изучения механизма зарождения и роста кристаллов, т.к. позволяет изменять пересыщение в широких интервалах и по любой программе. Э. — основа многих электрохим. технологий, в т.ч. электролиза, гальванотехники. Осаждение металлов из разбавленных p -ров в условиях роста дендритов используют для получения порошков Cu, Ni, Fe и др. (см. также *Электроосаждение*).

Лит.: Горбунова К.М., Данков П.Д., «Успехи химии», 1948, т. 17, с. 710-32; Феттер К., Электрохимическая кинетика, пер. с нем., М., 1967; Каншев Р., Избранные труды, София, 1980; Данилов А.И., Полукаров Ю.М., «Успехи химии», 1987, т. 56, в. 7, с. 1082-1104.

Ю. М. Полукаров.

ЭЛЕКТРОЛИЗ, совокупность электрохим. окислит.-восстановит. процессов, происходящих при прохождении электрич. тока через электролит с погруженными в него электродами. На катоде катионы восстанавливаются в ионы более низкой степени окисления или в атомы, напр.: $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$, $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$ (е — электрон). Нейтральные молекулы могут участвовать в превращениях на катоде непосредственно или реагировать с продуктами катодного процесса, к-рые рассматриваются в этом случае как промежут. в-ва Э. На аноде происходит окисление ионов или молекул, поступающих из объема электролита или принадлежащих материалу анода; в последнем случае анод растворяется или окисляется (см. *Анодное растворение*). Напр.:



Э. включает два процесса: миграцию реагирующих частиц под действием электрич. поля к пов-сти электрода и переход заряда с частицы на электрод или с электрода на частицу. Миграция ионов определяется их подвижностью и числами переноса (см. *Электропроводность электролитов*). Процесс переноса неск. электрич. зарядов осуществляется, как правило, в виде последовательности одноэлектронных p -ций, т.е. постадийно, с образованием промежут. частиц (ионов или радикалов), к-рые иногда существуют нек-рое время на электроде в адсорбир. состоянии.

Скорости электродных p -ций зависят от состава и концентрации электролита, материала электродов, электродного потенциала, т-ры, гидродинамич. условий (см. *Электрохимиче-*

ская кинетика). Мерой скорости служит плотность тока — кол-во переносимых электрич. зарядов через единицу площади пов-сти электрода в единицу времени. Кол-во образующихся при Э. продуктов определяется *Фарадеа законами*. Для выделения 1 грамм-эквивалента в-ва на электроде необходимо кол-во электричества, равное 26,8 А·ч. Если на каждом из электродов одновременно образуется неск. продуктов в результате ряда электрохим. p -ций, доля тока (в %), идущая на образование продукта одной из p -ций, наз. выходом данного продукта по току.

В электродном процессе участвуют в-ва, требующие для переноса заряда наименьшего электрич. потенциала; это м.б. не те в-ва, к-рые обуславливают перенос электричества в объеме p -ра. Напр., при Э. водного p -ра NaCl в миграции участвуют ионы Na^+ и Cl^- , однако на твердых катодах ионы Na^+ не разряжаются, а протекает энергетически более выгодный процесс разряда протонированных молекул воды: $H_3O^+ + e \rightarrow \frac{1}{2}H_2 + H_2O$.

Применение Э. Получение целевых продуктов путем Э. позволяет сравнительно просто (регулируя силу тока) управлять скоростью и направленностью процесса, благодаря чему можно осуществлять процессы как в самых «мягких», так и в предельно «жестких» условиях окисления или восстановления, получая сильнейшие окислители и восстановители. Путем Э. производят H_2 и O_2 из воды, Cl_2 из водных p -ров NaCl, F_2 из расплава KF в KH_2F_3 .

Гидроэлектрометаллургия — важная отрасль металлургии цветных металлов (Cu, Bi, Sb, Sn, Pb, Ni, Co, Cd, Zn); она применяется также для получения благородных и рассеянных металлов, Mn, Cr. Э. используют непосредственно для катодного выделения металла после того, как он переведен из руды в p -р, а p -р подвергнут очистке. Такой процесс наз. электроэкстракцией. Э. применяют также для очистки металла — электролитич. рафинирования (электрографинирования). Этот процесс состоит в анодном растворении загрязненного металла и в последующем его катодном осаждении. Рафинирование и электроэкстракцию проводят с жидкими электродами из ртути и амальгам (амальгамная металлургия) и с электродами из твердых металлов.

Э. расплавов электролитов — важный способ произ-ва мн. металлов. Так, напр., алюминий-сырец получают Э. криолит-глиноземного расплава ($Na_3AlF_6 + Al_2O_3$), очистку сырья осуществляют электролитич. рафинированием. При этом анодом служит расплав Al, содержащий до 35% Cu (для утяжеления) и потому находящийся на дне ванны электролиза. Средний жидкий слой ванны содержит $BaCl_2$, AlF_3 и NaF , а верхний — расплавленный рафинир. Al и служит катодом.

Э. расплава хлорида магния или обезвоженного карналлита — наиб. распространенный способ получения Mg. В пром. масштабе Э. расплавов используют для получения щелочных и щел.-зем. металлов, Be, Ti, W, Mo, Zr, U и др.

К электролитич. способам получения металлов относят также восстановление ионов металла другим, более электроотрицат. металлом. Выделение металлов восстановлением их водородом также часто включает стадии Э. — электрохим. ионизацию водорода и осаждение ионов металла за счет освобождающихся при этом электронов. Важную роль играют процессы совместного выделения или растворения неск. металлов, совместного выделения металлов и мол. водорода на катоде и адсорбции компонентов p -ра на электродах. Э. используют для приготовления металлич. порошков с заданными св-вами.

Другие важнейшие применения Э. — *гальванотехника, электрооси́тез, электрохимическая обработка металлов*, защита от коррозии (см. *Электрохимическая защита*).

Электролизеры. Конструкция пром. аппаратов для проведения электролитич. процессов определяется характером процесса. В гидрометаллургии и гальванотехнике используют преим. т. наз. ящичные электролизеры, представляющие собой открытую емкость с электролитом, в к-рой размещают чередующиеся катоды и аноды, соединенные соотв. с отрицат. и положит. полюсами источника постоянного тока. Для изготовления анодов применяют графит, углеграфитовые материалы, платину, оксиды железа, свинца, никеля, свинец и

его сплавы; используют малоизнашивающиеся титановые аноды с активным покрытием из смеси оксидов рутения и титана (оксидные рутинево-титановые аноды, или ОРТА), а также из платины и ее сплавов. Для катодов в большинстве электролизеров применяют сталь, в т. ч. с разл. защитными покрытиями с учетом агрессивности электролита и продуктов Э., т-ры и др. условий процесса. Нек-рые электролизеры работают в условиях высоких давлений, напр. разложение воды ведется под давлением до 4 МПа; разрабатываются электролизеры и для более высоких давлений. В совр. электролизерах широко применяют пластич. массы, стекло и стеклопластики, керамику.

Во мн. электрохим. произ-вах требуется разделение катодного и анодного пространств, к-рое осуществляют с помощью диафрагм, проницаемых для ионов, но затрудняющих мех. смешение и диффузию. При этом достигается разделение жидких и газообразных продуктов, образующихся на электродах или в объеме р-ра, предотвращается участие исходных, промежут. и конечных продуктов Э. в р-циях на электроде противоположного знака и в приэлектродном пространстве. В пористых диафрагмах через микропоры переносятся как катионы, так и анионы в кол-вах, соответствующих числам переноса. В ионообменных диафрагмах (мембранах) происходит перенос либо только катионов, либо анионов, в зависимости от природы входящих в их состав ионогенных групп. При синтезе сильных окислителей используют обычно бездиафрагменные электролизеры, но в р-р электролита добавляют $K_2Cr_2O_7$. В процессе Э. на катоде образуется пористая хромит-хроматная пленка, выполняющая ф-ции диафрагмы. При получении хлора используют катод в виде стальной сетки, на к-рую наносят слой асбеста, играющий роль диафрагмы. В процессе Э. рассол подают в анодную камеру, а из анодной камеры выводят р-р NaOH.

Электролизер, применяемый для получения магния, алюминия, щелочных и щел.-зем. металлов, представляет собой футерованную огнеупорным материалом ванну, на дне к-рой находится расплавленный металл, служащий катодом, аноды же в виде блоков располагают над слоем жидкого металла. В процессах мембранного получения хлора, в электросинтезе используют электролизеры фильтр-прессного типа, собранные из отд. рам, между к-рыми помещены ионообменные мембраны.

По характеру подключения к источнику питания различают монополярные и биполярные электролизеры (рис.). Монополярный электролизер состоит из одной электролитич. ячейки

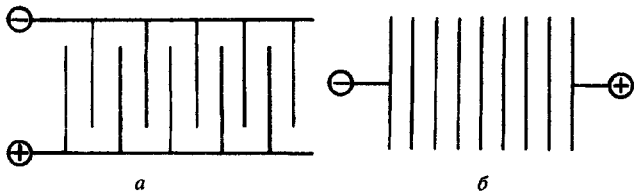


Схема подключения к источнику внеш. тока монополярного (а) и биполярного (б) электролизеров.

с электродами одной полярности, каждый из к-рых может состоять из неск. элементов, включенных параллельно в цепь тока. Биполярный электролизер имеет большое число ячеек (до 100–160), включенных последовательно в цепь тока, причем каждый электрод, за исключением двух крайних, работает одной стороной как катод, а другой как анод. Монополярные электролизеры обычно рассчитаны на большой ток и малые напряжения, биполярные – на сравнительно небольшой ток и высокие напряжения. Совр. электролизеры допускают высокую токовую нагрузку: монополярные до 400–500 кА, биполярные эквивалентную 1600 кА.

Лит.: Фиошин М.Я., Павлов В.Н., Электролиз в неорганической химии, М., 1976; Зимин В.М., Камарьян Г.М., Мазанко А.Ф., Хлорные электролизеры, М., 1984; Фиошин М.Я., Смирнова М.Г., Электрохимические системы в синтезе химических продуктов, М., 1985; Мазанко А.Ф., Камарьян Г.М., Помазан О.П., Промышленный мембранный электролиз, М., 1989; см. также лит. к ст. *Электросинтез, Электрохимическая обработка металлов.* А.П. Томилов.

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ, полный или частичный распад молекул растворенного в-ва на катионы и анионы. Э.д. называют также распад на катионы и анионы ионных кристаллов при растворении или расплавлении. Э.д., как правило, происходит в полярных р-рителях. При Э.д. разрываются обычно лишь наиб. полярные связи молекул, напр. карбоновые к-ты $RCOOH$ диссоциируют на RCO_2^- и H^+ . Э.д. могут подвергаться молекулы нек-рых р-рителей, напр. воды.

Осн. причинами Э.д. являются, с одной стороны, взаимод. растворенного в-ва с р-рителем, к-рое приводит к сольватации ионов, а с другой стороны – значит. ослабление электростатич. взаимод. между сольватир. ионами в среде, обусловленное ее электростатич. полем (диэлектрич. проницаемостью р-рителя). При этом работа, необходимая для разрушения молекул (кристаллич. решетки), обеспечивается за счет энергии сольватации.

Э.д. лежит в основе деления р-ров на два класса – *растворы неэлектролитов* и *растворы электролитов*. Наблюдаемое различие в коллигативных св-вах разбавленных р-ров электролитов и неэлектролитов объясняется тем, что из-за Э.д. увеличивается общее число частиц в р-ре. Это, в частности, приводит к увеличению осмотич. давления р-ра сравнительно с р-рами неэлектролитов, понижению давления пара р-рителя над р-ром, увеличению изменения т-ры кипения и замерзания р-ра относительно чистого р-рителя. Э.д. объясняется также ионная электропроводность электролитов.

Мерой Э.д. является степень диссоциации α – отношение кол-ва диссоциированных на ионы молекул электролита к их исходному кол-ву в р-ре. Согласно этому определению, α изменяется от 0 (отсутствие диссоциации) до 1 (полная диссоциация) и зависит от природы растворенного в-ва и р-рителя, а также от концентрации р-ра и т-ры. Как правило, с увеличением диэлектрич. проницаемости р-рителя ϵ его α увеличивается, хотя заметная диссоциация наблюдается в нек-рых р-рителях с низкой ϵ .

Способность данного в-ва MX к Э.д. в определенном р-рителе по схеме $MX \rightleftharpoons M^+ + X^-$ характеризуется константой Э.д. K_D , связанной, согласно действующих масс закону, со степенью диссоциации α соотношением:

$$K_D = \frac{\alpha x \gamma_{\pm}^2}{1 - \alpha \gamma_{MX}} \quad (1)$$

где x – молярная концентрация электролита; γ_{\pm} – средний ионный коэф. активности; γ_{MX} – коэф. активности недиссоциированной части электролита. Как и α , значение константы K_D зависит от св-в растворенного в-ва, в частности от прочности связи между фрагментами молекул электролита, образующими катион и анион, от диэлектрич. св-в р-рителя, его способности сольватировать ионы, а также от т-ры и давления; в отличие от α , не зависит от концентрации р-ра. Константа K_D м. б. определена экспериментально, напр. по зависимости электропроводности р-ра от концентрации электролита или путем прямого измерения содержания свобод. ионов в р-ре, напр., спектрофотометрич. методом.

Соответственно понятиям полной и неполной Э.д. электролиты классифицируют на сильные ($\alpha \approx 1$) и слабые ($\alpha \ll 1$) (см. *Электролиты*); полностью диссоциируют в р-ре многие соли неорг. к-т, нек-рые к-ты и основания. Неполная Э.д. наблюдается для солей, катионы к-рых склонны к образованию ковалентных связей с анионами, напр. соли Ag, Cd, Zn. Нек-рые многоосновные к-ты, напр. H_2SO_4 , полностью диссоциируют лишь в отношении отщепления одного иона H^+ , а дальнейшая диссоциация HSO_4^- затруднена. Разб. р-ры слабых электролитов по своим св-вам близки к идеальным р-рам, для них в ф-ле (1) коэф. активности можно считать равными 1. Тогда ф-ла (1) переходит в закон разведения Оствальда:

$$K_D = \frac{\alpha x^2}{1 - \alpha} \quad (2)$$

в к-ром α можно заменить отношением λ/λ_{∞} , где λ и λ_{∞} – соотв. эквивалентная электропроводность р-ра при данной 856

концентрации и при бесконечном разведении. В соответствии с законом Оствальда с уменьшением концентрации r -ра степень диссоциации α и эквивалентная электропроводность возрастают, причем при бесконечном разведении $\alpha \rightarrow 1$ и $\lambda \rightarrow \lambda_\infty$ (см. *Электропроводность электролитов*).

R -ры сильных электролитов не являются идеальными и для их описания необходим учет межмолекулярного взаимодействия. При определенных условиях, напр. в r -рителях с малой диэлектрич. проницаемостью, при низких t -рах или при образовании многовалентных ионов, благодаря сильному электростатич. притяжению противоположно заряженных ионов могут образовываться ионные ассоциаты, простейшими из k -рых являются ионные пары. Равновесие между сольватир. ионами и ионными парами характеризуется константой диссоциации, аналогично исходному распаду молекул, или обратной ей величиной – константой ассоциации. В приближении электростатич. взаимодей. между ионами константа диссоциации контактных ионных пар, образованных двумя ионами с радиусами r_+ и r_- и зарядовыми числами z_+ и z_- , м. б. рассчитана по Ф-ле:

$$K_D = \exp \left[- \frac{e^2 z_+ z_-}{4 \pi \epsilon_0 \epsilon (r_+ + r_-) kT} \right], \quad (3)$$

где e – элементарный электрич. заряд; k – постоянная Больцмана; ϵ_0 – электростатич. постоянная (диэлектрич. проницаемость вакуума); ϵ – диэлектрич. проницаемость r -рителя; T – абс. t -ра.

Понятие Э. д. было введено С. Аррениусом в 1887. Э. д. играет важную роль во мн. прир. и производств. процессах, определяя как св-ва r -ров электролитов, так и особенности происходящих в них процессов (см. *Реакции в растворах*).

Лит.: Измайлов Н. А., *Электрохимия растворов*, 3 изд., М., 1976; Монак С. В., *Electrolytic dissociation*, L.-N. Y., 1961. М. Ф. Головкин.

ЭЛЕКТРОЛИТЫ, в-ва, в k -рых в заметной концентрации присутствуют ионы, обуславливающие прохождение электрич. тока (ионную проводимость). Э. также наз. проводниками второго рода. В узком смысле слова Э. – в-ва, молекулы k -рых в r -ре вследствие *электролитической диссоциации* распадаются на ионы. Различают *электролиты твердые, растворы электролитов* и ионные *расплавы*. R -ры электролитов часто также наз. Э. В зависимости от вида r -рителя различают Э. водные и *электролиты неводные*. Особый класс составляют высокомолекулярные *полиэлектролиты*.

В соответствии с природой ионов, образующихся при электролитич. диссоциации водных r -ров, выделяют солевые Э. (в них отсутствуют ионы H^+ и OH^-), k -ты (преобладают ионы H^+) и основания (преобладают ионы OH^-). Если при диссоциации молекул Э. число катионов совпадает с числом анионов, такие Э. наз. симметричными (1,1-валентными, напр. KCl , 2,2-валентными, напр. $CaSO_4$, и т. д.). В противном случае Э. наз. несимметричными (1,2-валентные Э., напр. H_2SO_4 , 3,1-валентные, напр. $Al(OH)_3$, и т. д.).

По способности к электролитич. диссоциации Э. условно разделяют на сильные и слабые. Сильные Э. практически полностью диссоциированы на ионы в разбавленных r -рах. К ним относятся многие неорг. соли, нек-рые k -ты и основания в водных r -рах, а также в r -рителях, обладающих высокой диссоциирующей способностью (напр., в спиртах, амидах, кетонах). Молекулы слабых Э. лишь частично диссоциированы на ионы, k -рые находятся в динамич. равновесии с недиссоциир. молекулами. К слабым Э. относятся многие орг. k -ты и основания в водных и неводных r -рителях. Степень диссоциации зависит от природы r -рителя, концентрации r -ра, t -ры и др. факторов. Один и тот же Э. при одинаковой концентрации, но в разл. r -рителях образует r -ры с разл. степенью диссоциации.

Электролитич. диссоциация приводит к увеличению общего числа частиц в r -ре, что обуславливает существенное различие между св-вами разбавл. r -ров электролитов и неэлектролитов. Этим, в частности, объясняется увеличение осмотич. давления r -ра и его отклонение от закона Вант-Гофа (см. *Осмос*), пони-

жение давления пара r -рителя над r -ром и его отклонение от *Рауля закона*, увеличение изменения t -ры кипения и замерзания r -ра относительно чистого r -рителя и др.

Ионы в Э. являются отд. кинетич. единицами и участвуют в хим. r -циях и электрхим. процессах часто независимо от природы др. ионов, присутствующих в r -ре. При прохождении электрич. тока через Э. на погруженных в него электродах происходят окислит.-восстановит. r -ции, в результате чего в своб. виде выделяются в-ва, k -рые становятся компонентами Э. (см. *Электролиз*).

Э. по своей структуре представляют собой сложные системы, состоящие из ионов, окруженных молекулами r -рителя, недиссоциированных молекул растворенного в-ва, ионных пар и более крупных агрегатов. Св-ва Э. определяются характером ион-ионных и ион-молекулярных взаимодей., а также изменением св-в и структуры r -рителя под влиянием растворенных частиц Э. В полярных r -рителях благодаря интенсивному взаимодействию ионов с молекулами r -рителя образуются сольватные структуры (см. *Сольватация*). Роль сольватации с увеличением валентности ионов и уменьшением их кристаллографич. размеров возрастает. Мерой взаимодей. ионов с молекулами r -рителя является энергия сольватации.

В зависимости от концентрации Э. выделяют область разбавленных r -ров, k -рые по своей структуре близки к структуре чистого r -рителя, нарушаемой, однако, присутствием и влиянием ионов; переходную область и область концентрир. r -ров. Весьма разбавленные r -ры слабых Э. по своим св-вам близки к идеальным r -рам и достаточно хорошо описываются классич. теорией электролитич. диссоциации. Разбавленные r -ры сильных Э. заметно отклоняются от св-в идеальных r -ров, что обусловлено электростатич. межмолекулярным взаимодей. Их описание проводится в рамках *Дебая-Хюккеля теории*, k -рая удовлетворительно объясняет концентрационную зависимость термодинамич. св-в – коэф. активности ионов, осмотич. коэф. и др., а также неравновесных св-в – электропроводности, диффузии, вязкости (см. *Электропроводность электролитов*). При повышении концентрации r -ров сильных Э. возникает необходимость в учете размера ионов, а также влияния сольватационных эффектов на характер межмолекулярного взаимодействия.

В переходной концентрационной области под влиянием ионов происходит существенное изменение структуры r -рителя. При дальнейшем увеличении концентрации Э. почти все молекулы r -рителя связаны с ионами в сольватационные структуры и обнаруживается дефицит r -рителя, а в области концентрированных r -ров структура r -ра все более приближается к структуре соответствующих ионных расплавов или кристаллосольватов. Данные компьютерного моделирования и спектроскопич. исследований, в частности методом рассеяния нейтронов с изотопным замещением, свидетельствуют о значит. степени упорядоченности в концентрированных r -рах Э. и об образовании специфич. для каждой конкретной системы ионных структур. Напр., для водного r -ра $NiCl_2$ характерен комплекс, содержащий ион Ni^{2+} , окруженный 4 молекулами воды и 2 ионами Cl^- в октаэдрич. конфигурации. Ионные комплексы связываются между собой посредством связей галоген – водород – кислород и более сложных взаимодей., включающих молекулы воды.

В ионных расплавах специфика упорядочения характеризуется структурными факторами $S_{pp}(k)$, $S_{qq}(k)$ и $S_{pq}(k)$, описывающими флуктуации ионной плотности ρ и заряда q как ф-ции волнового числа k , k -рое с точностью до постоянной Планка h совпадает с величиной импульса, передаемого расплаву рассеивающей частицей, напр. нейтроном. Для бинарного электролита

$$S_{pp}(k) = 1/2 [S_{++}(k) + S_{--}(k) + 2S_{+-}(k)],$$

$$S_{qq}(k) = 1/2 [S_{++}(k) + S_{--}(k) - 2S_{+-}(k)],$$

$$S_{pq}(k) = 1/2 [S_{++}(k) - S_{--}(k)],$$

где $S_{++}(k)$, $S_{--}(k)$, $S_{+-}(k)$ – парциальные структурные факторы, относящиеся к взаимодействию катионов и анионов между собой и

друг с другом. Для расплавов типа NaCl ϕ -ция $S_{pq}(k)$ близка к нулю, вследствие чего Э. можно рассматривать как смесь двух жидкостей, одна из к-рых характеризуется упорядочением по ионной плотности через ϕ -цию $S_{pp}(k)$, а вторая — «зарядовым» упорядочением через ϕ -цию $S_{qq}(k)$. ϕ -ция $S_{pp}(k)$ имеет типичное поведение для систем с «плотностными» упорядочением, отражая значит. степень беспорядка в расположении частиц. В отличие от этого $S_{qq}(k)$ имеет резкий пик, отражающий сильное упорядочение в распределении заряда, определяемое экранированием и требованиями локальной электронейтральности. Такое упорядочение ионов приводит к возможности существования в Э. коллективных возбуждений, к-рые могут проявляться в виде пиков динамич. структурного фактора $S_{qq}(k, \omega)$, описывающего динамику флуктуаций плотности заряда расплава (ω — частота, связанная с энергией, передаваемой расплаву рассеивающей частицей). Для ионных расплавов Э., катионы к-рых склонны к образованию ковалентных связей с анионами (напр., для расплава CuCl), наблюдается сильная корреляция взаимод. между анионами и довольно слабая — между катионами.

Переход от одной концентрационной области Э. в другую происходит плавно, вследствие чего рассмотренное выше деление является условным. Тем не менее в промежут. области нек-рые термодинамич. св-ва Э., напр. коэф. р-римости, претерпевают заметные изменения. Описание промежут. и концентрационной областей требует явного рассмотрения как ионов, так и молекул р-рителя и учета разл. видов взаимод. между всеми частицами в р-ре.

В зависимости от т-ры и давления выделяют низкотемпературную и высокотемпературную области св-в Э., а также области нормальных и высоких давлений. Повышение т-ры или давления в целом снижают мол. упорядоченность р-рителя и ослабляет влияние ассоциативных и сольватационных эффектов на св-ва р-ра Э. При понижении т-ры ниже т-ры плавления нек-рые концентр. Э. могут находиться в стеклообразном состоянии, напр. водные р-ры LiCl.

Наряду с Э. как проводниками второго рода существуют в-ва, обладающие одновременно электронной и ионной проводимостью. К ним относятся р-ры щелочных и щел.-зем. металлов в полярных р-рителях (аммиак, амины, эфиры), а также в расплавах солей. В этих системах при изменении концентрации металла происходит фазовый переход в металлич. состояние с существенным (на неск. порядков) изменением электропроводности. При этом в электролитич. области образуется самый легкий анион — сольватированный электрон, придающий р-ру характерный синий цвет.

Э. играют важную роль в науке и технике. Они участвуют в электрохим. и многих биол. процессах, являются средой для орг. и неорг. синтеза и электрохим. произ-в. Изучение св-в Э. важно для выяснения механизмов электролиза, электрокатализа, электрокристаллизации, коррозии металлов и др., для совершенствования механизмов разделения в-в — экстракции и ионного обмена. Исследование св-в Э. стимулируется энергетич. проблемами (создание новых топливных элементов, солнечных батарей, электрохимических преобразователей информации), а также проблемами защиты окружающей среды.

Лит.: Харнед Г., Оуэн Б., Физическая химия растворов электролитов, пер. с англ., М., 1952; Термодинамика и строение растворов. Материалы симпозиума «Химия водных систем при высоких температурах и давлениях», Иваново, 1986; March N.H., Tosi M.P., Coulomb liquids, L.—[a.o.], 1984; см. также лит. к ст. Растворы электролитов, Электропроводность электролитов, Электролиты неводные, Электролиты твердые. М. Ф. Головкин.

ЭЛЕКТРОЛИТЫ НЕВОДНЫЕ, р-ры электролитов, в к-рых р-рителями являются однокомпонентные жидкости, исключая воду, или многокомпонентные жидкие смеси, как безводные, так и водосодержащие. Отд. группу Э. н. составляют солевые расплавы (см. Электрохимия расплавов).

Выбор р-рителя определяет особенности электролитической диссоциации растворимого в-ва и качество электролита, важное значение имеет также вязкость р-рителя, определяющая подвижность ионов и транспортные св-ва р-ра. В отличие от водных р-ров, большинство Э. н. относится к слабым электролитам, реже — к электролитам ср. силы (см. Электро-

литы). Электропроводность Э. н. обычно на 1–2 порядка ниже электропроводности водных р-ров. Хорошей электропроводностью, как правило, обладают Э. н. на основе полярных мол. жидкостей с высокой диэлектрич. проницаемостью, малой вязкостью и хорошей сольватирующей способностью.

Специфич. особенностью неводных жидкостей является способность их молекул выступать в качестве доноров и акцепторов протонов и электронных пар. Протонные Э. н. содержат подвижный протон H^+ — это спирты, фтороводород и др. Как правило, они хорошо сольватируют малые анионы с образованием прочных водородных связей. Р-рители, не содержащие подвижного протона, наз. дипольными апротонными (диметилформамид, диметилсульфоксид, ацетон, ацетонитрил и др.); они активно взаимодей. с большими легко поляризуемыми анионами. Электронодонорные р-рители содержат атомы с неподеленными электронными парами: S (спирты, эфиры, кетоны), N (амины, амиды), S (сульфиды, сульфоксиды), P (фосфины) и др. Они характеризуются высокой способностью сольватировать преим. катионы. Электроноакцепторные р-рители м.б. как протонными (спирты, фенолы и др.), так и апротонными (уксусный ангидрид, нитробензол, нитрометан и др.). Поскольку донорами электронной пары является большинство анионов, электроноакцепторные р-рители сольватируют преим. анионы.

Степень донорности и акцепторности р-рителей на практике характеризуют эмпирич. параметрами, определяемыми на основе калориметрич. и спектроскопич. исследований. Наиб. распространены донорные и акцепторные числа DN и AN . Величина DN измеряется теплотой смешения $SbCl_5$ с р-рителем в дихлорэтане. В качестве AN берется величина пропорциональная хим. сдвигу ^{31}P в спектрах ЯМР триэтилфосфиноксидов в разл. р-рителях.

Одновременное влияние на физ.-хим. св-ва Э. н. разл. параметров р-рителя (диэлектрич. проницаемости, вязкости, донорных и акцепторных чисел и др.) приводит к тому, что не существует простых корреляций между св-вами р-рителя и р-ра. Простая зависимость наблюдается лишь в ряду химически подобных р-рителей или в смешанных р-рителях, когда один из компонентов смеси является сольватирующим, а остальные инертными. Напр., в таких р-рителях, как ацетонитрил, диметилформамид, фурфурол, диметилacetамид, обладающих близкими значениями диэлектрич. проницаемости, р-римость KCl различается на неск. порядков, что связано со спецификой взаимодей. ионов с молекулами р-рителями, к-рые выступают как доноры или как акцепторы электронных пар. В апротонных р-рителях с достаточно высокими донорными числами и диэлектрич. проницаемостью ряд св-в м.б. приписан в осн. электростатич. взаимодействию. Для протонных р-рителей картина значительно усложняется из-за сольватационных эффектов.

Ионные соед. (и о н о ф о р ы) при растворении в жидкостях с низкой диэлектрич. проницаемостью образуют ионные ассоциаты, что приводит к усилению дифференцирующего действия р-рителя на силу электролита. В этом же направлении работает и уменьшение сольватирующей способности р-рителя, сдвигая равновесие между сольватно-разделенными и контактными ионными парами в сторону последних. Аналогично, добавление к р-ру р-рителя с низкой донорной способностью увеличивает число ионных ассоциатов, в результате чего уменьшается электропроводность р-ра. В противоположном направлении действует добавление р-рителя с большой донорной способностью.

В р-рах ковалентных соед. (и о н о г е н о в) ионы образуются в результате донорно-акцепторного взаимодей. между исходными компонентами р-ра. Электролитич. диссоциации ионов обычно предшествует ионизация молекул с образованием ионизированных сольватных комплексов, диссоциации к-рых способствует увеличение диэлектрич. проницаемости р-рителя.

Э. н. широко используют для проведения хим. р-ций и электрохим. процессов. Замена водных электролитов на неводные часто приводит к упрощению технологии произ-ва разл. хим. в-в, техн. устройств, существенно улучшая их

качество. Применение Э. н. привело к разработке новых типов хим. источников тока. Важное значение они имеют в фотоэлектрхим. элементах, электролитич. конденсаторах, электроорг. синтезе. Различие в сольватирующей способности р-рителей используется при получении чистых благородных металлов, разделении в-в. Э. н. применяют при электрополировании, анодном окислении металлов и полупроводников и во мн. других процессах.

Лит.: Бургер К., Сольватация, ионные реакции и комплексобразование в неводных средах, пер. с англ., М., 1984; Ионная сольватация, под ред. Г. А. Крестова, М., 1987; Карапетян Ю. А., Энцикл. В. Н., Физико-химические свойства электролитных неводных растворов, М., 1989; Филалков Ю. Я., Растворитель как средство управления химическим процессом, Л., 1990; Markus Y., Ion solvation, N. Y., 1985. М. Ф. Головкин.

ЭЛЕКТРОЛИТЫ ТВЕРДЫЕ, в-ва, в к-рых электропроводность осуществляется движением ионов к.-л. одного знака — катионами или анионами. Ионы передвигаются по свободным позициям в структуре в-ва, разделенным невысокими потенц. барьерами (0,1–0,5 эВ). Кол-во позиций, к-рые могут занимать ионы проводимости, намного больше кол-ва самих ионов. Кроме того, эти позиции могут различаться по степени заселенности ионами. Напр., в элементарной ячейке α -AgI на 42 позиции приходится 2 иона Ag^+ , причем 12 тетраэдрич. позиций являются предпочтительными. Т. обр., подрешетка ионов проводимости разупорядочена, в то время как остальные ионы Э. т. образуют жесткий каркас, и их перенос возможен по обычным механизмом образования точечных дефектов (вакансий и междоузельных ионов).

Ионная составляющая σ_i общей проводимости Э. т., как правило, на 5–6 порядков больше электронной, т. е. числа переноса (см. *Электропроводность электролитов*) ионов проводимости практически равны 1. Коэф. диффузии D_i этих ионов сравнимы с таковыми для конц. водных р-ров и соответствуют величинам порядка 10^{-5} – 10^{-6} см²/с.

Э. т. относят к суперионным проводникам и часто наз. супериониками. Однако суперионик — более общее понятие, относящееся к высокопроводящим соедин. как с ионной проводимостью (Э. т.), так и со смешанной ионно-электронной проводимостью. В электрохим. системах в отличие от Э. т. суперионики со смешанной проводимостью выполняют роль электродов.

Температурная зависимость ионной проводимости Э. т. σ_i описывается ур-нием:

$$\sigma_i = AT^{-1} \exp(-E_a/kT),$$

где A — константа, T — абс. т-ра, E_a — энергия активации, k — константа Больцмана. Значение σ_i и E_a для наиб. известных Э. т. приведены в таблице.

Э. т. подразделяются на электролиты с собственным структурным разупорядочением в одной из подрешеток и с примесным. К первым относятся в-ва, структура к-рых либо уже имеет пути проводимости для ионов определенного типа, как, напр., Na- β -глинозем (полиалюминат натрия $\text{Na}_{1-x}\text{Al}_{11}\text{O}_{17}$), либо приобретает их вследствие фазового перехода, как, напр., AgI ($\beta \rightleftharpoons \alpha$ -переход при 420 К). Пути проводимости могут иметь вид каналов [напр., в $(\text{C}_5\text{H}_5\text{NH})\text{Ag}_5\text{I}_6$], щелей (напр., в Na- β -глиноземе) или трехмерных сеток (напр., в α -AgI).

К Э. т. с примесным разупорядочением относятся твердые р-ры замещения, образующиеся в ионных кристаллах при легировании их ионами с валентностью, отличной от валентности основного иона. Возникающий при этом дефицит (или избыток) заряда компенсируется образованием дефектов противоположного знака. Так, в оксидах Zr, Hf, Ce и Th, легир. оксидами двух- и трехвалентных металлов (Ca, Y, Sc и др.), компенсация заряда примеси осуществляется кислородными вакансиями. Флюорит CaF_2 и изоморфный ему SrF_2 образуют твердые р-ры замещения с фторидами трехвалентных РЗЭ, обладающих высокой подвижностью ионов F^- . Последние легко обмениваются на ионы O^{2-} .

Характерное св-во Э. т. — способность к замещению одних ионов проводимости на другие. Напр., при выдерживании Na- β -глинозема в расплаве AgNO_3 ионы Na^+ м. б. полностью замещены ионами Ag^+ . Если же Ag- β -глинозем поместить в

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Электролит	Подвижный ион	σ_i , См/м (298 К)	E_a , эВ
α -AgI	Ag^+	337 (423 К)	0,101 ^a
RbAg_4I_5	Ag^+	28	0,104
Ag_3WO_4	Ag^+	4,2	0,248
$(\text{C}_5\text{H}_5\text{NH})\text{Ag}_5\text{I}_6$	Ag^+	21 (323 К)	0,198 ^b
$\text{Cs}_2\text{Ag}_3\text{Br}_3\text{I}_2$	Ag^+	0,1	0,38
$\text{Cu}_4\text{RbCl}_3\text{I}_2$	Cu^+	47	0,115
$\text{Na}_2\text{O} \cdot 10\text{Al}_2\text{O}_3$	Na^+	3,3	0,140
$\text{Na}_2\text{O} \cdot 10\text{Al}_2\text{O}_3$	Na^+	0,5	0,148
$\text{Na}_2\text{Zr}_2\text{Si}_2\text{P}_{12}\text{O}_{40}$	Na^+	14 (573 К)	0,246 ^b
$\text{Na}_3\text{Sc}_2(\text{PO}_4)_3$	Na^+	19 (573 К)	0,144 ^a
$\text{Na}_3\text{DySi}_4\text{O}_{12}$	Na^+	0,50	0,208
CsHSO_4	H^+	1,8 (435 К)	0,33 [*]
$\text{HfO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	H^+	0,32	0,32
$\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40} \cdot 19\text{H}_2\text{O}$	H^+	1,20	0,432
$\text{C}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	H^+	1,6	0,223
$\text{Sb}_2\text{O}_5 \cdot 5,43\text{H}_2\text{O}$	H^+	0,75	0,16
$0,75\text{Li}_4\text{GeO}_4 \cdot 0,25\text{Li}_3\text{PO}_4$	Li^+	9,1 (573 К)	0,42
$\text{Sr}_{0,8}\text{La}_{0,2}\text{F}_{2,2}$	F^-	0,11 (573 К)	0,196
$0,91\text{ZrO}_2 \cdot 0,09\text{Sc}_2\text{O}_3$	O^{2-}	30 (1273 К)	0,43
$(\text{Bi}_2\text{O}_3)_{0,8}(\text{SrO})_{0,2}$	O^{2-}	0,6 (773 К)	0,8

^a При $T > 420$ К. ^b При $T > 315$ К. ^{*} Стеклообразное состояние. ^{*} Монокристалл (перпендикулярно оси с). ^{*} При $T > 505$ К. ^{*} При $T > 429$ К. ^{*} При $T > 414$ К. ^{*} Данные при относит. влажности ок. 60%

р-р к-ты, то можно получить $(\text{H}_3\text{O})^+$ - β -глинозем с высокой проводимостью по протонам — ионам H^+ .

Протонпроводящие Э. т. — в осн. кристаллогидраты твердых орг. и неорг. к-т и их солей, в к-рых перенос H^+ осуществляется либо по сетке водородных связей молекул H_2O (механизм туннельного перехода), либо перемещением иона гидроксония H_3O^+ (прыжковый механизм), либо по молекулам, адсорб. на межзеренных границах поликристаллич. материала. Исключение составляют безводные гидросульфаты и гидроселенаты щелочных металлов (напр., CsHSO_4 и CsHSeO_4), к-рые приобретают высокую ионную проводимость при т-рах выше структурного фазового перехода, когда число возможных мест локализации протонов оказывается вдвое больше числа самих протонов. Обладают протонной проводимостью и мн. полимерные структуры (см. ниже).

Большинство Ag^+ -проводящих Э. т. получают либо выражением монокристаллов (α -AgI, RbAg_4I_5), либо твердофазным синтезом (RbAg_4I_5 , $(\text{C}_5\text{H}_5\text{NH})\text{Ag}_5\text{I}_6$ и др.). Для изготовления Li^+ , Na^+ и O_2 -проводящих Э. т. используют технологию произ-ва керамики.

Существуют полимерные Э. т., к-рые обладают пластичностью, из них можно изготавливать тонкие пленки толщиной 0,5–250 мкм. По электропроводности они сравнимы с жидкими и твердыми электролитами (σ_i 1– 10^{-3} См/м). Полимерные Э. т. — как правило, аморфные комплексы полимер-соль или полимер-к-та на. Получают их из полиэтиленоксида (ПЭО) и др. сходных по строению полимеров. Ион проводимости определяется природой второго компонента. При этом ион мигрирует вдоль полимерной цепи благодаря сегментальным движениям полимерной матрицы. Температурная зависимость проводимости комплексов удовлетворяет ур-нию, основанному на теории свободного объема:

$$\sigma_i = B \exp[-E_a/(T - T_0)],$$

где T_0 — идеальная т-ра стеклования полимера, T — т-ра системы, B — константа.

В системе ПЭО- H_3PO_4 образуется комплекс $(\text{ПЭО}) \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$ с $n = 1,33$, обладающий протонной проводимостью ок. 10^{-3} См/м (298 К). В комплексе ПЭО- NH_4HSO_4 анионы практически неподвижны и протон переносится катионами NH_4^+ (σ_i $2 \cdot 10^{-2}$ См/м). В комплексах ПЭО- LiClO_4 ток переносится как ионами Li^+ , так и ClO_4^- , на подвижность к-рых

оказывает влияние неполная диссоциация соли и образование ионных кластеров $\text{Li}(\text{ClO}_4)_2$ и $\text{Li}_2(\text{ClO}_4)^+$.

Аморфные структуры со св-вами Э. т. существуют и среди неорг. соединений. Это – стекла, представляющие собой трехмерные сетки, не имеющие строгой периодичности, но сохраняющие ближний порядок в расположении ионов. Такие структуры типа $\alpha\text{-RbAg}_4\text{I}_5$ обнаружены в смешанных галогенидных системах AgX-CsX и AgX-CuX-CsX ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$).

Используя Э. т. в химических источниках тока, ионисторах, хим. сенсорах, в качестве ионселективных мембран, при термодинамич. исследованиях и др.

Лит.: Укше Е. А., Букуи Н. Г., Твердые электролиты, М., 1977; Чесботин В. Н., Перфильев М. В., Электрохимия твердых электролитов, М., 1978; Атовмян Л. О., Укше Е. А., в сб.: Физическая химия. Современные проблемы, под ред. Я. М. Колотыркина, М., 1983; Гуревич Ю. Я., Твердые электролиты, М., 1986; Мурыгин И. В., Электрохимические процессы в твердых электролитах, М., 1991; Сыроматников В. Г. [и др.], «Успехи химии», 1995, т. 64, в. 3, с. 265–74; Solid electrolytes, ed. by S. Geller, B., 1977; Armand M. B., Chabagno J. M., Duclot M. J., в кн.: Fast ion transport in solids, ed. P. Vashita, Amst., 1979, p. 131; Poulsen F. W., в кн.: High conductivity solid ionic conductors. Recent trends and applications, ed. by T. Takahashi, L., 1989, p. 166. Н. Г. Букуи.

ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ, см. *Электрохимия*.

ЭЛЕКТРОМИГРАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ, методы исследования в р-рах ионизир. в-в и разделения их сложн. смесей; основаны на явлении переноса заряженных частиц в электр. поле, приложенном к изучаемому р-ру (см. также *Электрокинетические явления*).

Осн. параметр, характеризующий перенос частиц, – подвижность u , т. е. расстояние l , на к-рое в-во переместится под действием единицы градиента электр. потенциала E за единицу времени τ :

$$u = l / (E\tau). \quad (1)$$

Процессы, связанные с комплексобразованием, ассоциацией или пересольватацией ионов, а также с изменением состояния р-рителя, приводят к изменению заряда либо радиуса ионов, что оказывает влияние на их подвижность, на этом основано применение Э. м. для исследования р-ций в р-рах.

Неодинаковая подвижность мол. ионов и заряженных частиц разл. хим. природы позволяет использовать Э. м. также для разделения смесей; в данном случае эти методы часто наз. *электрофорезом*.

Методы измерения подвижности заряженных частиц. Подвижность, или скорость миграции индивидуальных ионов, можно определять: 1) по изменению концентрации ионов исследуемого элемента в приэлектродном пространстве при электролизе; 2) путем смещения в электр. поле узких зон изучаемых ионов; 3) с помощью подвижной границы между зонами (фронтальные методы, изотахофорез).

Исследование реакций в растворах

Информацию о равновесных процессах в р-ре получают при изучении зависимости скорости миграции ионов исследуемого элемента от концентрации одного или неск. участвующих в р-ции в-в. По этой зависимости можно выявлять состав продуктов р-ции и определять константы равновесия.

В случае р-ций комплексобразования изучаемый металл M может находиться одновременно в неск. ионных формах связи с лигандом A , между к-рыми устанавливается подвижное равновесие. В такой системе общее, или суммарное, перемещение в электр. поле всех ионов, содержащих M и имеющих индивидуальные подвижности u_i , происходит с нек-рой ср. скоростью u_c , характеризующей суммарный электромиграц. перенос металла в единицу времени:

$$u_c = \frac{\sum_0^n (u_i \alpha_i)}{\sum_0^n [\text{MA}_i]} = \frac{\sum_0^n (u_i \beta_i [A]^i)}{\sum_0^n (\beta_i [A]^i)}, \quad (2)$$

где i – число лигандов в комплексе; $\alpha_i = [\text{MA}_i] / \sum_0^n [\text{MA}_i]$ – доля металла, связанного в i -ую ионную форму; $\beta_i = [\text{MA}_i] / [M][A]^i$ –

полная константа устойчивости ионной формы; $[M]$, $[A]$ и $[\text{MA}_i]$ – соотв. равновесные концентрации металла, лиганда и комплекса.

Кривая электромиграции (рис. 1), отражающая смещение подвижного равновесия между разл. ионными формами при изменении равновесной концентрации лиганда, устанавливает области существования: своб. ионов (I); координационно ненасыщенных форм (II); координационно насыщенных комплексных ионов (III).

Состав комплексных ионов можно определять неск. приемами: по эмпирич. зависимости между подвижностью ионов и величиной их заряда; из соотношения общей и равновесной концентраций лиганда, к-рое определяется по скорости электромиграции введенного в систему вспомогат. металла (по ур-нию 2); по соотношению между коэф. диффузии и подвижностью при одной и той же концентрации лиганда. Константы устойчивости ионных форм рассчитывают путем решения системы из n ур-ний вида (2), где n равно числу ионных форм.

При исследовании хим. взаимодействий в р-ре важно сохранение постоянства состава фонового электролита, к-рое может нарушаться вследствие электродных р-ций. Поэтому целесообразно использовать аппаратуру, предотвращающую проникновение продуктов электролиза в рабочую часть прибора. Если это условие выполнено, то Э. м. дают достаточно правильные результаты благодаря тому, что отсутствует необходимость введения в изучаемую систему новых фаз – ионообменных смол, экстрагентов и т. п., вызывающих побочные равновесные процессы.

Помимо равновесий Э. м. позволяют исследовать кинетику комплексобразования, используя явление дополнит. квазидиффузионного размывания под действием электр. поля первоначально узкой зоны, содержащей разл. ионные формы с разными знаками заряда. Для достижения этого эффекта необходимо приложить поле такой напряженности, чтобы скорость электромиграц. переноса ионов превышала скорость протекания комплексобразования.

Для изучения кинетики р-ций можно использовать также зонную электромиграцию ионов в неравновесном с ними электролите. В обоих случаях применение Э. м. целесообразно при анализе процессов, скорость к-рых лежит в пограничной области между медленными и быстрыми р-циями.

Закономерности электромиграции ионов в расплавах солей исследованы в значительно меньшей степени, чем в водных р-рах. Обычная среда при проведении электромиграции в расплавленных солях – безводные расплавы нитратов и перхлоратов щелочных металлов или эвтектич. смеси, имеющие сравнительно низкую t -ру плавления.

Для электромиграции в расплавах характерны две осн. проблемы: сильное взаимод. ионов изучаемых металлов и расплавленной соли; отсутствие электрически нейтрального р-рителя, для к-рого можно измерить истинную скорость движения ионов. Поэтому обычно их подвижность определяют относительно прибора, в к-ром проводят электромиграцию. В этом случае данные о подвижности в расплавах смещены на неизвестную постоянную величину.

Разделение смесей

Различают след. методы электромиграц. разделения смесей: зонный электрофорез; фокусирующий ионный обмен; фронтальные методы; изотахофорез.

Зонный электрофорез чаще всего реализуют в среде пористого наполнителя, пропитанного р-ром электролита. Разделяемая смесь должна быть первоначально сосредоточена в

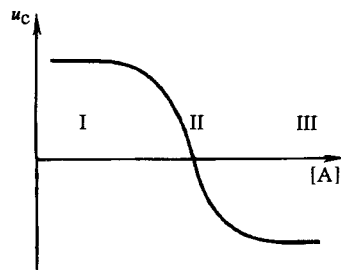


Рис. 1. Зависимость средней скорости миграции металла u_c от концентрации лиганда $[A]$: I, II, III – области существования соотв. своб. ионов металла, координационно ненасыщенных форм и координационно насыщенных комплексных ионов.

узкой зоне, имеющей относительно малые линейные размеры. Благодаря устранению конвективных потоков жидкости зоны исследуемых элементов по окончании опытов сохраняют достаточно четкие границы. В качестве наполнителей обычно используют хроматографич. и фильтровальную бумаги, порошки (напр., кварцевый песок), разл. гели (напр., крахмала).

При проведении миграции в пористой среде возможно влияние дополнит. факторов — адсорбции мигрирующих ионов на пов-сти среды, электроосмотич. потока жидкости, обусловленного поверхностным зарядом наполнителя, а также размытием зоны мигрирующего в-ва.

В водных р-рах сильных электролитов, не взаимодей. с разделяемыми в-вами, подвижности ионов мн. элементов из-за

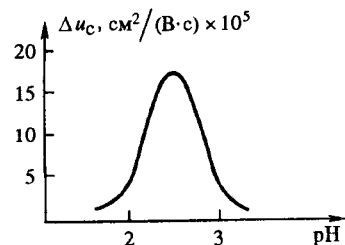


Рис. 2. Зависимость разности средних скоростей миграции La и Ce от pH 0,01%-го р-ра этилендиаминтетрауксусной к-ты.

довольно узкой зоне концентраций лиганда или значений pH (рис. 2). Применяют неск. вариантов зонного электрофореза.

Электрофорез на бумаге осуществляется на листах (полосках) хроматографич. или фильтровальной бумаги, концы к-рой опущены в электродные камеры. Разделяемая смесь наносится на бумагу в виде пятна либо узкой зоны. По способу отведения теплоты, выделяющейся при прохождении через бумагу электрич. тока, используют приборы: с охлаждающими пластинами из изолирующих материалов; с охлаждающей несмешивающейся с водой орг. жидкостью (рис. 3), напр. керосином; с естеств. охлаждением бумаги на воздухе или во влажной камере.

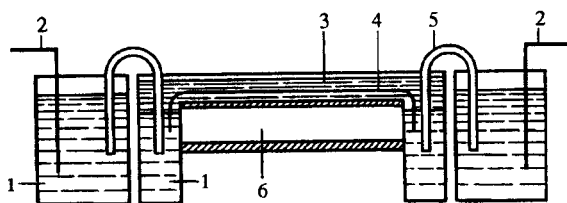


Рис. 3. Схема прибора для электрофореза на бумаге: 1 — буферный электролит; 2 — электроды; 3 — камера с охлаждающей орг. жидкостью; 4 — пласка хроматографич. бумаги; 5 — электролитич. мостик; 6 — водная рубашка.

При разделении радиоактивных ионов пористой средой служат пленки ацетицеллюлозы, обладающие однородной микропористой структурой.

Тонкослойный электрофорез. Электромиграция проводят в слоях порошкообразных материалов (целлюлоза, ацетицеллюлоза, Al_2O_3 , кварцевый песок и др.).

Электрофорез в гелях — применяют гл.обр. для разделения высокомолекулярных соединений, напр. белков. Для этого обычно в виде блоков и колонок используют гели крахмала и полиакриламида. Адсорбция разделяемых в-в и электроосмос в этих материалах незначительны.

Капиллярный электрофорез — осуществляют в заполненных буферным р-ром стеклянных или кварцевых капиллярах длиной 40–100 см и сечением 50–200 мкм. При напряженности электрич. поля 200–500 В/см разделение биол. объектов достигается за 1–2 мин.

Непрерывный электрофорез. Электрич. поле E направлено под прямым углом к направлению движения

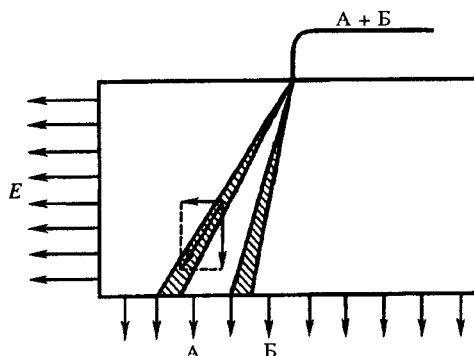


Рис. 4. Схема непрерывного электрофореза.

жидкости, протекающей через пористую среду. Разделяемая смесь (напр., компонентов A и B) подается узкой струей (рис. 4). Результирующая траектория движения заряженных частиц представляет собой прямую, тангенс угла наклона к-рой равен отношению скорости миграции частиц к скорости прохождения электролита. Стабилизирующими материалами могут служить указанные выше пористые среды.

Фокусирующий ионный обмен. Этот метод часто наз. электрофоретич. фокусировкой или просто электрофокусированием, связан с наложением градиента концентрации или pH р-ра параллельно электрич. полю. Благодаря этому разделяемые ионы могут изменять величину и знак заряда по мере перемещения в поле градиента. При этом в фиксир. точках системы каждый компонент переходит в изоэлектрич. состояние, в к-ром ср. заряд частиц данного компонента равен нулю. Упомянутые точки являются местом концентрирования (фокусирования) отдельных компонентов смеси (рис. 5). Положение зон фокусирования определяется градиентом концентрации комплексобразующего реагента или pH р-ра и константами устойчивости комплексных ионов разделяемых элементов. При разделении смеси белков или др. амфотерных соед. положение зон определяется значениями их изоэлектрич. точек.

Для создания градиента pH электродные камеры заполняются буферными р-рами с разными значениями pH. Напр., для разделения редкоземельных элементов цериевой группы в 0,001 М р-ре этилендиаминтетрауксусной к-ты pH должен изменяться по длине колонки от 1,7 у анода до 2,4 у катода.

В сер. 60-х гг. 20 в. было предложено создавать градиент pH с помощью амфолитов — смесей алифатич. полиаминокислот. Под влиянием электрич. поля амфолиты распределяются в соответствии со своими изоэлектрич. точками и тем самым образуют градиент pH. Применение амфолитов позволяет

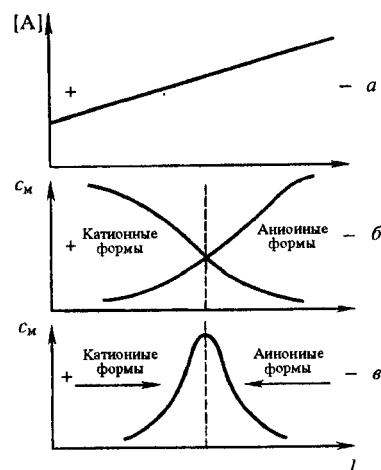


Рис. 5. Схема, поясняющая метод электрофокусирования: а — образование градиента концентрации лиганда [A]; б — распределение ионных форм мигранта; в — концентрирование лиганда в узкой зоне; c_m — концентрация мигранта.

добиться весьма высокой разрешающей способности метода: в нек-рых случаях удается разделить белки, изоэлектрич. точки к-рых различаются на 0,02 единицы pH.

Описанный метод, являясь самостоятельным, в то же время представляет собой вариант зонного электрофореза. Во всех модификациях последнего идентифицируются и количеств. определение в-в в зонах можно проводить как непосредственно на носителе, так и после элюирования. В обоих случаях используют методы радиоактивных индикаторов, фотометрию в прямом и отраженном свете, люминесцентный анализ.

Фронтальные методы основаны на измерении скорости перемещения границы раздела р-ров с разной плотностью. Классич. вариант метода был разработан в 1930 и с тех пор применяется для определения подвижности и разделения высокомогл. в-в, в частности белков. В простейшей модификации метода в U-образную трубку помещают р-р белков, а над ним буферный электролит, в к-рый погружены электроды. При наложении электрич. поля индивидуальные белки перемещаются с разл. скоростями, образуя серию границ. Их положение регистрируют оптич. методами по изменению коэф. преломления.

Изоахорофорез. Осн. частью прибора служит капиллярная трубка с анодным и катодным резервуарами на концах. При анализе анионов анодное отделение и капилляр заполняют т. наз. лидирующим электролитом, содержащим анион с высокой подвижностью. Ср. скорость миграции анионов в этом электролите должна быть выше подвижности любого аниона в исследуемой смеси. Катодное отделение заполняют т. наз. замыкающим электролитом, анион к-рого имеет подвижность меньшую, чем подвижность любого др. аниона в смеси. Анализируемый образец, в к-ром нужно определить содержание анионов, вносят между предшествующим и замыкающим электролитами. После подачи напряжения (5–10 кВ) при силе тока до 100 мкА по мере движения анионов к катоду постепенно образуются зоны индивидуальных анионов определенной длины, разделенные четкими границами, ширина к-рых составляет 0,2–0,3 мм при диаметре капилляра 0,1 мм. После этого все зоны будут перемещаться с одинаковой скоростью (отсюда назв. метода). Соотношение концентраций анионов в двух соседних зонах c_1 и c_2 в установившемся режиме будет определяться выражением Кольрауша:

$$c_1/c_2 = n_1/n_2, \quad (4)$$

где n_1 и n_2 – числа переноса.

При анализе катионов лидирующий электролит должен содержать катионы с высокой подвижностью, замыкающий – с миним. для данной системы скоростью миграции.

Кол-во в-ва в зоне Q и ее длина l в капилляре постоянного сечения S связаны простым соотношением:

$$Q = ClS, \quad (5)$$

где C – коэф. пропорциональности.

В установившемся режиме градиент потенциала при переходе от лидирующего к замыкающему электролитам скачкообразно возрастает в соответствии с подвижностью ионов, составляющих данную зону. Это приводит к температурным скачкам между зонами, регистрируя к-рые с помощью термодпары можно определить расстояние между зонами и по выражению (5) найти кол-во в-ва в зоне.

Применение. Э. м. широко используют при анализе биол. образцов, получении чистых препаратов, для диагностики в медицине. В неорг. анализе Э. м. применяют для разделения смесей радиоактивных элементов, а также в качестве метода физ.-хим. исследования.

Лит.: Троицкий Г. В., Электрофорез белков, Хар., 1962; Константинов Б. В., Ошуркова О. В., «Ж. техн. физики», 1966, т. 36, № 5, с. 942–57; Дукин С. С., Дерягин Б. В., Электрофорез, М., 1976; Макарова Т. П., Степанов А. В., «Радиохимия», 1977, т. 19, № 2, с. 125–46; Степанов А. В., Кортежная Е. К., Электромиграционный метод в неорганическом анализе, М., 1979; Остерман Л. А., Исследование биологических макромолекул электрофорезом, иммуноэлектрофорезом и радиоизотопными методами, М., 1983; Schumacher E., «Helv. Chim. Acta», 1957, v. 40, fasc. 1, p. 221–28; Shaw D. J., Electrophoresis, L.–N. Y., 1969; Everaerts F. M., «J. Chromatogr.», 1972, v. 65, p. 3–17; Mason C., «Lab. Equip. Dig.», 1990, v. 1, p. 221.

А. В. Степанов.

ЭЛЕКТРОН (символ e^- , e), стабильная элементарная частица с наименьшим отрицат. электрич. зарядом. Абс. величина заряда Э. $e = 1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл, или $4,803242 \cdot 10^{-10}$ ед. СГСЕ. Масса покоя Э. $m_e = 9,109534 \cdot 10^{-28}$ г. Спин Э. равен $1/2\hbar$ (\hbar – постоянная Планка); система Э. подчиняется статистике Ферми – Дирака (см. *Статистическая термодинамика*). Магн. момент Э., связанный с его спином, равен $-1,00116\mu_0$, где μ_0 – магнетон Бора.

Э. – первая элементарная частица, открытая в физике (Дж. Дж. Томсон, 1897); соответствующая ему античастица – позитрон e^+ – была открыта в 1932. Э. относится к классу лептонов, т. е. частиц, не проявляющих сильного взаимодействия, в то же время он участвует в электромагнитном, слабом и гравитационном взаимодействиях (см. *Элементарные частицы*). Э. могут возникать при распаде отрицательно заряженного мюона, β -распаде, др. р-циях элементарных частиц. Примером р-ций с превращением Э. может служить аннигиляция Э. и позитрона с образованием двух γ -квантов: $e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$.

В классич. электродинамике Э. рассматривается как частица, движение к-рой подчиняется ур-ниям Лоренца–Максвелла. Сформулировать понятие «размер Э.» можно лишь условно, хотя величину $r_0 = e^2/m_e c^2$ и принято наз. классич. радиусом Э. Описание поведения Э. в потенц. полях, отвечающее эксперим. данным, удалось дать лишь на базе квантовой теории, согласно к-рой движение Э. подчиняется ур-нию Шрёдингера для нерелятивистских явлений и ур-нию Дирака для релятивистских (см. *Квантовая механика*). Вычисляемые в релятивистской квантовой теории характеристики Э., напр. магн. момент, с чрезвычайно высокой точностью совпадают с их эксперим. значениями.

Э. входят в состав всех атомов и молекул; они определяют многие оптич., электр., магн. и хим. св-ва в-ва. Удаление Э. из нейтрального атома или молекулы на бесконечность приводит к появлению положит. иона; присоединение Э. – к отрицат. иону; миним. энергия, необходимая для удаления Э. либо выделяющаяся при присоединении Э., – важная характеристика частицы, определяющая ее окислит.-восстановит. способность (см. *Потенциал ионизации, Сродство к электрону*).

В химии с Э. связывают образование разл. квантовых состояний молекул. Согласно *адиабатическому приближению* Э. молекулы движутся в фиксир. поле ядер, к-рое считается внешним по отношению к системе Э. Возникновение хим. связи между атомами обусловлено более сильным понижением электронной энергии системы при сближении атомов по сравнению с увеличением энергии отталкивания ядер. Анализ энергии системы Э. при разл. геом. конфигурациях ядер (см. *Поверхность потенциальной энергии*) позволяет судить о наиб. стабильных (равновесных) конфигурациях молекул, относить стабильности разл. конформеров, колебат.-вращат. уровней для каждого из электронных состояний и, что весьма важно, – о возможных путях и механизмах превращений хим. соед. (см. *Реакционная способность*). Распределение *электронной плотности* в в-вах – реагентах и изменение этого распределения при хим. взаимодей. учитывается при изучении *динамики элементарного акта* р-ции.

Ценную информацию о строении молекул в разл. квантовых состояниях дает изучение углового распределения Э., выбиваемых из молекул при разл. физ. воздействиях, напр. при облучении квантами достаточно высокой энергии либо при столкновениях с Э. (см. *Фотоэлектронная спектроскопия*). Наличие у Э. спина, приводящее к существованию электронных состояний молекул разл. *мультиплетности*, и связанного со спином магн. момента позволяет изучать расщепление мультиплетных состояний в магн. поле (см. *Электронный парамагнитный резонанс*). Со спином Э. связаны и различие св-ва диа- и парамагнетиков в магн. поле, ферромагнетизм, антиферромагнетизм и т. д. Св-ва мн. материалов, в частности металлов и им подобных соед., определяются системой электронов, образуящих своего рода электронный газ (см. *Металлическая связь*). С коллективными состояниями

ми системы электронов связано возникновение сверхпроводящего состояния в-ва (см. *Сверхпроводники*). Управляемые потоки Э. широко используют в технике, напр. в вакуумной электронике, а создаваемые в ускорителях потоки электронов высокой энергии – в исследованиях пов-сти твердых тел. В конденсир. среде Э. может быть захвачен молекулами среды и существовать в таком состоянии длительное время, напр. в р-рах щелочных металлов в аммиаке в отсутствие кислорода – в течение неск. месяцев (см. *Сольватированный электрон*).

Лит.: Андерсон Д., *Открытие электрона*, пер. с англ., М., 1968; Томсон Г.П., *Успехи физ. наук*, 1968, т. 94, в. 2, с. 361–70; Бейзер А., *Основные представления современной физики*, пер. с англ., М., 1973; Салем Л., *Электроны в химических реакциях*, пер. с англ., М., 1985; Пономарев Л.И., *Под знаком кванта*, 2 изд., М., 1989. Н. Ф. Степанов.

ЭЛЕКТРОННАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ, взаимная обусловленность движений всех электронов атомной или молекулярной системы как целого. Определяется электростатич. отталкиванием электронов (кулоновская корреляция) и статич. особенностями системы, в частности принципом Паули (фермиевская корреляция). Полный учет Э.к. при расчете энергии и определении электронной структуры системы достигается *конфигурационным взаимодействием методом*. В зависимости от того, какую форму волновой ф-ции молекулы и ее ионов применяют, различают статич., динамич., внутри- и межоболочечную Э.к.

Широко используемый метод молекулярных орбиталей учитывает лишь фермиевскую корреляцию, поэтому все отклонения в поведении реальных систем от описываемого этим методом связывает с кулоновской Э.к. В этом случае Э.к. (в более узком смысле) характеризуют корреляц. энергией – разностью точной энергии системы и энергии, определенной методом мол. орбиталей.

Э.к. учитывают прежде всего при исследовании возбужденных состояний молекул, диссоциации и др., а также при анализе электронной структуры отрицат. мол. ионов. Особенно заметны корреляц. эффекты при вырождении энергетич. уровней молекул.

В. И. Путьшев.

ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ, совокупность электронно-зондовых методов исследования микроструктуры твердых тел, их локального состава и микрополей (электрических, магнитных и др.) с помощью электронных микроскопов (ЭМ) – приборов, в к-рых для получения увелич. изображений используют электронный пучок. Э.м. включает также методики подготовки изучаемых объектов, обработки и анализа результирующей информации. Различают два гл. направления Э.м.: трансмиссионную (просвечивающую) и растровую (сканирующую), основанных на использовании соответствующих типов ЭМ. Они дают качественно разл. информацию об объекте исследования и часто применяются совместно. Известны также отражательная, эмиссионная, оже-электронная, лоренцова и иные виды Э.м., реализуемые, как правило, с помощью приставок к трансмиссионным и растровым ЭМ.

Некоторые основные понятия. Электронный луч – направленный пучок ускоренных электронов, применяемый для просвечивания образцов или возбуждения в них вторичных излучений (напр., рентгеновского). Ускоряющее напряжение – напряжение между электродами электронной пушки, определяющее кинетич. энергию электронного луча. Разрешающая способность (разрешение) – наименьшее расстояние между двумя элементами микроструктуры, видимыми на изображении раздельно (зависит от характеристик ЭМ, режима работы и св-в образцов). Светлопольное изображение – увелич. изображение микроструктуры, сформированное электронами, прошедшими через объект с малыми энергетич. потерями [структура изображается на экране электроннолучевой трубки (ЭЛТ) темными линиями и пятнами на светлом фоне]. Темнопольное изображение формируется рассеянными электронами (основной пучок электронов при этом отклоняют или экранируют) и используется при изучении сильнорассеивающих объектов (напр., кристаллов); по сравнению со светло-

польным выглядит как негативное. Хроматическая аберрация – снижение скорости электронов после просвечивания объекта, приводящее к ухудшению разрешения; усиливается с увеличением толщины объекта и уменьшением ускоряющего напряжения. Контрастирование (химическое и физическое) – обработка исследуемых образцов для повышения общего контраста изображения и(или) выявления отд. элементов их структуры. Оттенение – физ. контрастирование микрочастиц, макромолекул, вирусов, состоящее в том, что на образец в вакуумной установке напыляется тонкая пленка металла; при этом «тени» (ненапыленные участки) прорисовывают контуры частиц и позволяют измерять их высоту. Негативное контрастирование – обработка микрочастиц или макромолекул на пленке-подложке р-рами соед. тяжелых металлов (У и др.), в результате чего частицы будут видны как светлые пятна на темном фоне (в отличие от позитивного контрастирования, делающего темными сами частицы). Ультрамикротом (ультратом) – прибор для получения ультратонких (0,01–0,1 мкм) срезов объектов с помощью стеклянных или алмазных ножей. Реплика – тонкая, прозрачная для электронов пленка из полимерного материала либо аморфного углерода, повторяющая микрорельеф массивного объекта или его скола. Сканирование – последоват. облучение изучаемой пов-сти узким электронным лучом – зондом с помощью развертки (в трансмиссионных приборах все поле зрения облучается одновременно). Развертка – периодич. отклонение электронного луча по осям X и Y с целью формирования электронного растра. Растр – система линий сканирования на пов-сти образца и на экране ЭЛТ.

Трансмиссионная микроскопия реализуется с помощью трансмиссионных (просвечивающих) электронных микроскопов (ТЭМ; рис. 1), в к-рых тонкопленочный объект просвечивается пучком ускоренных электронов с энергией 50–200 кэВ. Электроны, отклоненные атомами объекта на малые углы и прошедшие сквозь него с небольшими энергетич. потерями, попадают в систему магн. линз, к-рые формируют на люминесцентном экране (и на фотопленке) светлопольное изображение внутр. структуры. При этом удается достичь разрешения порядка 0,1 нм, что соответствует увеличению до $1,5 \cdot 10^6$ раз. Рассеянные электроны задерживаются диафрагмами, от диаметра к-рых в значит. степени зависит контраст изображения. При изучении сильно-рассеивающих объектов более информативны темнопольные изображения.

Разрешение и информативность ТЭМ-изображений во многом определяются характеристиками объекта и способом его подготовки. При исследовании тонких пленок и срезов полимерных материалов и биол. тканей контраст возрастает пропорционально их толщине, но одновременно снижается разрешение. Поэтому применяют очень тонкие (не более 0,01 мкм) пленки и срезы, повышая их контраст обработкой соед. тяжелых металлов (Os, У, Pb и др.), к-рые избирательно взаимодей. с компонентами микроструктуры (хим. контрастирование). Ультратонкие срезы полимерных материалов (10–100 нм) получают с помощью ультрамикротомов, а пористые и волокнистые материалы предварительно пропитывают и заливают в эпоксидные компаунды. Металлы исследуют в виде получа-

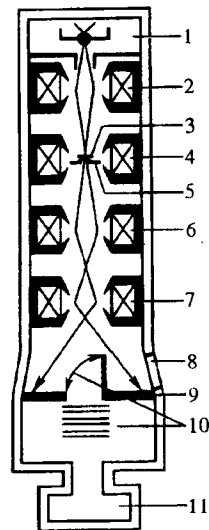


Рис. 1. Схема устройства трансмиссионного электронного микроскопа: 1 – электронная пушка; 2 – конденсор; 3 – объектив; 4, 5 – объектив и его диафрагма; 6, 7 – промежуточная и проекционная линзы; 8 – смотровое окно; 9 – люминесцентный экран; 10 – фотокамера с затвором; 11 – вакуумная система.

емой хим. или ионным травлением ультратонкой фольги. Для изучения формы и размеров микрочастиц (микрорекристаллы, аэрозоли, фурусы, макромолекулы) их наносят в виде суспензий либо аэрозолей на пленки-подложки из формара (поливинилформаль) или аморфного С, проницаемые для электронного луча, и контрастируют методом оттенения или негативного контрастирования.

Для анализа металлич. фольги, а также толстых (1–3 мкм) срезов др. материалов используют высоко- и сверхвысоковольтные ТЭМ с ускоряющими напряжениями соотв. 200–300 и 1000–3000 кВ. Это позволяет снизить энергетич. потери электронов при просвечивании образцов и получить четкие изображения, свободные от хроматич. aberrации.

Структура гелей, суспензий, эмульсий и биол. тканей с большим содержанием воды м.б. исследована методами криорепликации: образцы подвергают сверхбыстрому замораживанию и помещают в вакуумную установку, где производится раскалывание объекта и осаждение на пов-сть свежего скола пленки аморфного С и оттеняющего металла. Полученная реплика, повторяющая микрорельеф пов-сти скола, анализируется в ТЭМ. Разработаны также методы, позволяющие делать ультратонкие срезы замороженных объектов и переносить их, не размораживая, в ТЭМ на криостол, сохраняющий т-ру объекта в ходе наблюдения на уровне -150°C (криоультратомия и криомикроскопия).

ТЭМ обеспечивает также получение дифракц. картин (электроннограмм), позволяющих судить о кристаллич. структуре объектов и точно измерять параметры кристаллич. решеток (см. также *Электроннография*). В сочетании с непосредственными наблюдениями кристаллич. решеток в высоко-разрешающих ТЭМ данный метод – одно из основных ср-в исследования ультратонкой структуры твердого тела.

Растровая (сканирующая) микроскопия. В растровых электронных микроскопах (РЭМ; рис. 2) электронный луч, сжатый магн. линзами в тонкий (1–10 нм) зонд, сканирует пов-сть образца, формируя на ней растр из неск. тыс. параллельных линий. Возникающее при электронной бомбардировке пов-сти вторичные излучения (вторичная эмиссия электронов, оже-электронная эмиссия и др.) регистрируются разл. детекторами и преобразуются в видеосигналы, модулирующие электронный луч в ЭЛТ. Развертки лучей в колонне РЭМ и в ЭЛТ синхронны, поэтому на экране ЭЛТ появляется изображение, представляющее собой картину распределения интенсивности одного из вторичных излучений по сканируемой

площади объекта. Увеличение РЭМ определяется как $M = L/l$, где L и l – длины линий сканирования на экране ЭЛТ и на пов-сти образца.

Выбор регистрируемого вторичного излучения обусловлен задачей исследования. Основной режим работы РЭМ – регистрация вторичных электронов (ВЭ). Поскольку интенсивность эмиссии ВЭ сильно зависит от угла падения электронного луча на пов-сть, получаемое изображение весьма близко к обычному макрофотограф. изображению рельефа объекта, освещаемого со всех сторон рассеянным светом; иначе говоря, формируется топографич. контраст. Эмиссия ВЭ отличается наиб. интенсивностью по сравнению с др. вторичными излучениями. Кроме того, в этом режиме достигается макс. разрешение.

При исследовании неоднородных по составу пов-стей на топографич. изображение ВЭ накладывается дополнит. распределение яркостей, зависящее от ср. атомного номера Z в-ва образца на каждом микроучастке (т. наз. композиционный, или Z -контраст), к-рый проявляется сильнее, если регистрировать не вторичные, а упругорассеянные электроны. Этот режим применяют при исследовании шлифов металлов, сплавов минералов, композиционных материалов и др. объектов, когда топографич. контраст отсутствует и нужно установить композиционную неоднородность пов-сти.

Тонкопленочные образцы (до 1 мкм) просвечиваются электронным лучом насквозь и прошедшие электроны регистрируются детектором, расположенным под объектом. Изображения, получаемые в этом режиме, иногда более информативны, чем обычные ТЭМ-изображения, т. к. свободны от хроматич. aberrации.

В техн. исследованиях используется также регистрация поглощенных электронов в сочетании с приложением рабочих напряжений к изучаемому транзистору или интегральной схеме. Это позволяет получать изображение, отвечающее распределению электр. потенциалов, и т. обр. выявлять микродефекты в элементах схемы. При этом можно прерывать первичный электронный луч с высокой частотой и визуализировать прохождение по схеме высокочастотных сигналов.

С помощью соответствующих детекторных систем и спектрометров в РЭМ можно регистрировать электромагн. излучения: катодолюминесценцию, тормозное и характеристич. рентгеновские излучения, а также оже-электроны. Получаемые при этом изображения и спектры дают количеств. информацию о локальном элементном составе поверхностных слоев образца и широко применяются в материаловедении (см. *Электронно-зондовые методы*).

Для изучения структуры пов-сти посредством РЭМ к образцу предъявляется ряд требований. Прежде всего, его пов-сть должна быть электропроводящей, чтобы исключить помехи за счет накопления поверхностного заряда при сканировании. Кроме того, нужно всемерно повышать отношение сигнал/шум, к-рое наряду с параметрами оптич. системы определяет разрешение. Поэтому перед исследованием на диэлектрич. пов-сти путем вакуумного испарения или ионного распыления наносят тонкую (15–20 нм) однородную пленку металла с высоким коэф. вторичной электронной эмиссии (Au, Au–Pd, Pt–Pd). Биол. объекты, содержащие, как правило, большое кол-во воды, перед нанесением покрытия необходимо зафиксировать спец. хим. обработкой и высушить, сохранив естеств. микрорельеф пов-сти (сушка в критич. точке с использованием сжиженных CO_2 и N_2O , хладонов или вакуумнокриогенными методами).

Разрешающая способность РЭМ определяется многими факторами, зависящими как от конструкции прибора, так и от природы исследуемого объекта. Если образец электро- и теплопроводен, однороден по составу и не обладает приповерхностной пористостью, в РЭМ с вольфрамовыми электродами достигается разрешение 5–7 нм, в РЭМ с электронными пушками на полевой эмиссии – 1,0–1,5 нм.

Перспективные направления развития. К ним относятся: повышение разрешающей способности ТЭМ и РЭМ; совершенствование способов подготовки образцов; разработка

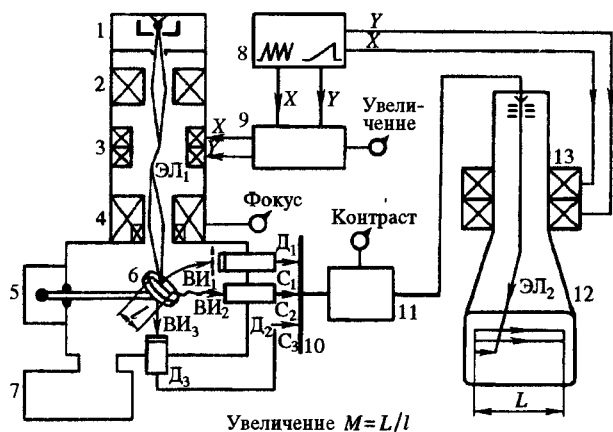


Рис. 2. Схема устройства растрового электронного микроскопа: 1 – электронная пушка; 2 – конденсор; 3 – отклоняющая система; 4 – конечная линза с корректором астигматизма; 5 – объектный столик; 6 – образец; 7 – вакуумная камера; 8 – генератор разверток; 9 – блок управления увеличением; 10 – селектор сигналов (для выбора регистрируемого вторичного излучения); 11 – видеосигналы; 12, 13 – ЭЛТ и ее отклоняющая система; ВИ₁–ВИ₃ – потоки вторичных излучений; C₁–C₃ – электрич. сигналы; D₁–D₃ – детекторы; ЭЛ₁, ЭЛ₂ – электронные лучи; X, Y – направления сканирования (строчная и кадровая развертки).

методов получения качественной новой информации и повышения чувствительности методов анализа с помощью спектрометрич. систем; разработка методов компьютерной обработки полученных изображений с целью выявления содержащейся в них количеств. информации о структуре объекта; автоматизация и компьютеризация ТЭМ, РЭМ и соединенной с ними аналит. аппаратуры.

Повышение разрешающей способности микроскопов достигается пл. обр. совершенствованием электронной оптики и применением новых видов электронных пушек. Замена традиционных вольфрамовых термокатодов на ориентир. катоды из LaB_6 позволила повысить электронную яркость пушек в 5–7 раз, а переход к пушкам на полевой эмиссии (автоэмиссии) с холодными катодами из монокристаллич. W – в 50–100 раз, что дало возможность уменьшить диаметр электронного зонда и довести разрешение РЭМ до 1 нм, существенно снизив при этом лучевую нагрузку на образец.

Развитие способов подготовки образцов наиб. активно происходит в области электронно-микроскопич. исследования структуры полимерных материалов и влажосодержащих объектов и связано преим. с разработкой криогенных методов (сверхбыстрое замораживание в струе хладагента, прижим к металлич. блоку, охлаждаемому жидким He, низкотемпературное замещение воды орг. р-рителями, криоультратомия, криомикроскопия и др.). Эти методы позволяют избежать нарушений структуры и локального состава образцов, наблюдаемых при хим. фиксации и нанесении электропроводных покрытий.

Такая же цель достигается и при использовании низковакуумного растрового электронного микроскопа (НВРЭМ), дающего возможность исследовать поверхность сильно увлажненных и даже живых объектов без предварит. хим. или криогенной фиксации. В НВРЭМ объектная камера отделена от колонны РЭМ диафрагмой малого диаметра, пропускающей сканирующий электронный луч, но препятствующей прохождению молекул газов в высоковакуумную часть колонны. Испускаемые поверхностью ВЭ собираются спец. кольцевым детектором, охватывающим объект. Использование НВРЭМ значительно расширяет исследовательские возможности биологов, почвоведов и материаловедов, позволяя в перспективе создать «полевой» вариант РЭМ.

Мощный прорыв в трансмиссионной Э.м. был сделан в 1980-х гг., когда удалось создать ТЭМ с компьютерным анализатором элементного состава на базе спектрометра энергетич. потерь. Метод спектрометрии энергетич. потерь электронов (EELS – Electron Energy Loss Spectrometry) был известен давно и применялся для микроанализа в трансмиссионно-сканирующем режиме ТЭМ. Однако установка спектрометрич. системы из двух магн. призм и электростатич. зеркала между двумя промежут. линзами (а не под экраном и фотокамерой, как обычно) дала возможность гибко регулировать контраст ТЭМ-изображения, получать безаберрационные изображения толстых (до 1 мкм) срезов, а главное, получить элементно-селективные изображения в диапазоне элементов от В до U с разрешением порядка 0,5 нм и чувствительностью обнаружения до 10^{-20} г элемента (что соответствует, напр., 150 атомам Са). Такое сочетание характеристик создает большие преимущества Э.м. перед традиционными методами рентгеновского микроанализа при изучении срезов и пленок.

Развитие компьютерной техники обусловило значит. прогресс в области мат. обработки электронных изображений (компьютерная морфометрия). Разработанные аппаратно-программные комплексы позволяют: запоминать изображения, корректировать их контраст; расширять диапазон яркостей путем введения условных цветов; устранять шумы; подчеркивать границы микроучастков, выделять детали микроструктуры в заданном диапазоне размеров и оптич. плотности; проводить статистич. обработку изображений и строить гистограммы распределения микрочастиц по размерам, форме и ориентации; реконструировать объемные изображения структуры композиционных материалов и иных объектов по микрофотографиям серийных срезов; реконструировать

объемные изображения микрорельефа и строить профилограммы сечений по стереомикрофотографиям; рассчитывать локальные микроконцентрации элементов по элементно-селективным изображениям и спектрам; определять параметры кристаллич. решеток по электронограммам и др. Кроме того, встроенные в ТЭМ и РЭМ процессоры позволяют гибко управлять микроскопами, значительно снижают электронно-лучевое повреждение образцов, повышают достоверность и воспроизводимость результатов анализа микроструктуры, облегчают труд исследователей.

К Э.м. близко примыкает туннельная сканирующая микроскопия.

Первый ТЭМ создали М. Кноль и Э. Руска в 1928–31; первые РЭМ – М. фон Арденне (1937) и В.К. Зворыкин (1942); первый НВРЭМ выпустила в 1990 фирма «Хятачи». Сканирующий туннельный микроскоп изобрели в 1981 Т. Бенни и Х. Рорер (Нобел. премия 1986).

Лит.: Шиммель Г., Методика электронной микроскопии, пер. с нем., М., 1972; Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ, пер. с англ., т. 1–2, М., 1984. Г.Н. Давидович, А.Г. Богданов.

ЭЛЕКТРОННАЯ ПЛОТНОСТЬ, плотность вероятности распределения электронов в квантовой системе (атоме, молекуле, кристалле). В квантовой химии в понятие Э.п. вкладывают неск. смыслов. Если система N электронов описывается волновой ф-цией $\Psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N)$, где символом ξ_i обозначен набор всех координат электрона, включая спиновую координату σ_i , то обычно задают Э.п. как ф-цию радиус-вектора электрона r ($r = r_1$):

$$\rho(r) = N \int |\Psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N)|^2 d\xi_2 \dots d\xi_N d\sigma_1 \quad (1)$$

(интегрирование ведется по всей области изменения указанных переменных). Поскольку согласно Паули принципу ф-ция Ψ антисимметрична относительно перестановок электронных переменных, $\rho(r)$ не зависит от того, координаты какого именно электрона фигурируют в ее определении. Э.п. $\rho(r)$ отражает пространственное распределение заряда и электр. св-ва частицы (дипольный момент и т.п.), ее наз. также зарядовой плотностью.

Если в выражении (1) при интегрировании по спиновой переменной σ_i учитывать, что проекции спина на выделенную ось различны, то $\rho(r)$ определяется как спиновая плотность и отражает пространственное распределение спина в мол. системах с ненулевым суммарным спином (радикалы, триплетные возбужденные состояния молекул и др.). Спиновая плотность м.б. изучена экспериментально методами ЭПР.

В экспериментах по рассеянию электронов или по ионизации молекул электронным ударом данные об энергетич. распределении электронов позволяют оценить импульсную Э.п., к-рая определяется ф-лой (1), при условии, что координатное представление ф-ции Ψ заменено на импульсное, т.е. в роли ξ использованы вектор импульса электрона P и спин. Величина $\rho(P)$ позволяет находить кинетич. энергию и импульсы электронов системы.

Э.п. $\rho(r)$ чаще всего получают с помощью рентгенографич. экспериментов – т. наз. форм-факторы отвечают фурье-образу $\rho(r)$ (см. Рентгеновский структурный анализ). Зависимость Э.п. от положений ядер усреднена при этом по термодинамич. ансамблю, т.е. определяется с поправкой на тепловое движение. Оценки $\rho(r)$ представляют картами типа топографических, на к-рых для определенных сечений трехмерного пространства задаются линии уровня Э.п. $\rho(r) = \text{const}$. Как правило, Э.п. имеет максимумы лишь в точках R_a , отвечающих положениям ядер, и хотя в целом Э.п. – гладкая ф-ция, в указанных точках она имеет особенности: вдоль любого направления, выходящего из точки R_a , модуль градиента Э.п. не равен нулю и пропорционален заряду ядра Z_a (т. наз. условие Като). Нек-рые из ядер на картах Э.п. соединены «хребтами», к-рые можно соотносить с хим. связями. Такое соотношение естественно, поскольку топология электронных распределений существенно меняется лишь при таких изменениях ядерной конфигурации, к-рые можно связать с изменением системы связей. Приводят и разностные карты Э.п.

молекул и образующих их атомов, позволяющие судить об особенностях перераспределения Э. п. при образовании молекул или кристаллов из атомов.

С Э. п. обычно связывают эффективные заряды на атомах. Так, если с атомом соотнести нек-рую пространств. область Ω_a , то эффективный заряд Q_a можно определить как $Q_a = Z_a - \int_{\Omega_a} \rho(r) dr$. Область Ω_a и заряд Q_a зависят

от геометрии молекулы (и способа выделения Ω_a причем атому, вообще говоря, может отвечать неограниченная область пространства). В экспериментах по ЯМР, ЯКР и мессбауэровской спектроскопии изменение Э. п. вблизи ядра нередко интерпретируют с помощью зарядов на атомах. Распределение электронов в области внутр. оболочек атома меняется под действием соседних ядер, что определяется по данным фото- и рентгеноэлектронной спектроскопии. Эти явления также описывают как изменение зарядов на атомах. Все указанные заряды определяются поведением Э. п. в разл. областях пространства и, вообще говоря, не коррелируют друг с другом или с дипольным моментом мол. системы.

Э. п. может быть точно представлена с помощью т. наз. натуральных орбиталей Φ_j , $j=1, 2, \dots$ в форме выражения

$$\rho(r) = \sum n_j |\Phi_j(r)|^2, \quad (2)$$

где заселенности n_j — неотрицат. числа, не превосходящие 2, причем сумма всех заселенностей (при бесконечном, вообще говоря, числе значений j) равна N . В приближении мол. орбиталей все занятые орбитали системы можно считать натуральными. Переход к локализованным орбиталам позволяет описать Э. п. вблизи ядра неск. орбиталами, соотносимыми с хим. связью, или неподеленной парой электронов. При моделировании натуральных орбиталей нередко используют гибридные орбитали (см. *Гибридизация атомных орбиталей*). В рамках ЛКАО-приближения Э. п. определяют через коэф. разложения в ряд натуральных мол. орбиталей по атомным орбиталам, причем пространств. область Ω_a соотносится с областью локализации атомной орбитали. Симметрия мол. орбиталей позволяет разбить Э. п. на вклады, создаваемые σ - и π -электронами, и анализировать их раздельно, учитывая при необходимости их взаимное влияние (напр., индукционное) (см. *π -Электронное приближение*).

Согласно теореме Хюенберга—Кона, для основного состояния молекулы Э. п. отражает всю специфику молекулы. Напр., при $|r| \rightarrow \infty$ Э. п. экспоненциально спадает, причем показатель экспоненты пропорционален *потенциалу ионизации*. Делаются попытки соотнести энергию молекулы с величиной $\rho(r)$ в рамках к.-л. из вариационных методов (т. наз. методы функционалов плотности), одним из первых вариантов к-рых можно считать приближение Томаса—Ферми; иногда к этим методам относят *самосоогласованного поля метод*.

Э. п. — важная физ. характеристика мол. системы, анализ к-рой позволяет соотнести хим. строение молекулы с локальными особенностями электронного распределения. Перераспределение Э. п. молекулы по сравнению с Э. п. входящих в ее состав атомов отражает характер хим. связи и позволяет судить о взаимном влиянии атомов, изменении строения того или иного мол. фрагмента в ряду родственных молекул. Методы изучения и анализа Э. п. интенсивно развиваются.

Лит. см. при ст. *Квантовая химия*.

В. И. Пушисев.

π -ЭЛЕКТРОННОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ, квантовое хим. метод изучения энергетик. состояний ненасыщенных соед., в к-ром св-ва молекулы соотносятся со строением системы π -орбиталей. В рамках *молекулярных орбиталей методов* все орбитали молекулы, ядерная конфигурация к-рой имеет плоскость симметрии, можно разделить на π -орбитали, меняющие знак при отражении в плоскости симметрии, и σ -орбитали, не меняющие знака. Для многих классов соед., напр. ненасыщенных углеводородов, высшие занятые и низшие виртуальные (незанятые) орбитали относятся к π -типу, а усредненное поле, создаваемое σ -электронами, можно считать локально посто-

янным. Это позволяет пренебречь взаимным влиянием σ - и π -электронных подсистем при изучении низколежащих по энергии электронных состояний.

Для молекул, обладающих плоскостью симметрии, выделение σ - и π -орбиталей не составляет трудностей. Напр., для плоской молекулы этилена σ -орбитали считаются построенными из гибридных sp^2 -орбиталей атома С и $1s$ -орбиталей атомов Н, а π -орбитали — из негибридизированных $2p$ -орбиталей атомов С. Для молекул, не имеющих плоскости симметрии, строгое выделение системы π -орбиталей невозможно. В этом случае для π -Э. п. используют такие орбитали, к-рые более всего напоминают p -орбитали атомов. Напр., для пропилена σ -орбитали можно описать с помощью тех же орбиталей, что и в случае этилена, и sp^3 -орбиталей атома С метильной группы. В качестве π -орбиталей рассматривают негибридизированные $2p$ -орбитали атомов С.

Мол. системы, для к-рых возможно разделение орбиталей на σ - и π -орбитали, наз. часто π -электронными системами или просто π -системами. Как правило, σ -орбитали носят локализованный характер, обычно они двухцентровые. π -Орбитали существенно менее локализованы и могут иметь трех-, четырех- или многоцентровый характер, что в химии связывают с понятием *сопряжения связей* (бутадиен, бензол и т. п.). При изменении строения молекулы (напр., введении заместителей) изменения св-в связывают именно с π -орбиталями, а изменением σ -орбиталей пренебрегают. Взаимное влияние π -орбиталей и остальных мол. орбиталей учитывают как изменение св-в молекулы при введении заместителя (поляризацию) или как дополнит. сопряжение, используя методы, напр., *возмущений теории*. Надежность результатов, получаемых в π -Э. п., определяется тем, насколько удалены друг от друга локализованные мол. орбитали, взаимодействующие с системой π -орбиталей, а также тем, насколько различаются эти мол. орбитали по энергии.

Как правило, в π -Э. п. для расчетов основного состояния молекулы используют *полумпирические методы* квантовой химии, основанные на пренебрежении дифференциальным перекрыванием атомных орбиталей. Расчет низколежащих возбужденных состояний возможен с использованием *конфигурационного взаимодействия метода* в том его варианте, в к-ром однократно возбужденные электронные конфигурации получают заменой занятых π -орбиталей на аналогичные вакантные. К таким методам относится, напр., метод Паризера—Парра—Поппа (метод ППП). Взаимодействие σ - и π -орбиталей проявляется как зависимость *молекулярных интегралов* и геометрии молекулы от π -электронной плотности.

В связи с развитием расчетных методов π -Э. п. вытесняется полумпирич. методами без выделения π -системы или *неампирическими методами*. Однако для мол. систем большого размера (полиацетилены, поликонденсиров. системы) учет всех взаимод. затруднен. Для них обычно используют упрощенные варианты π -Э. п. Напр., в т. наз. приближении Хаббарда ненулевыми мол. интегралами считают лишь одноцентровые интегралы межэлектронного отталкивания. Еще более простым является приближение Хюккеля, в к-ром двухэлектронными взаимод. вообще пренебрегают, а в матрице эффективного гамильтониана, определяющего π -орбитали, сохраняются лишь диагональные элементы и те из недиагональных, к-рые можно соотнести с валентным штрихом в структурной ф-ле молекулы (см. *Хюккеля метод*).

Упомянутые упрощенные варианты π -Э. п. предполагают определение полумпирич. параметров по результатам расчета энергии π -системы, потенциалов ионизации или энергий возбуждения простых молекул (без заместителей). π -Э. п. служит для описания наиб. изменчивой, легко поляризуемой и относительно независимой части электронного распределения молекулы. *Корреляционные соотношения* позволяют соотнести энергию π -системы и распределение электронной плотности с хим. св-вами молекулы.

У многих мол. систем среди низших возбужденных состояний есть такие, для описания к-рых необходим учет σ - π -возбуждений, напр. если в π -систему включается гетероатом с неподеленными парами электронов. В таких случаях π -Э. п.

становится слишком грубым. То же можно утверждать и для мол. систем с заметным переносом заряда при возбуждении. У молекул, традиционно относимых к π -системам, выше заняты σ -орбитали могут лежать по энергии выше низших занятых π -орбиталей (пример – бензол). При внеш. воздействии на такие молекулы необходим учет изменения не только π -орбиталей, но и σ -орбиталей (напр., при анализе магн. восприимчивости).

С 80-х гг. стали заметны две тенденции в развитии методов изучения π -электронных систем. Первая – отказ от учета особой роли π -орбиталей и анализ молекулы как целого или же выделение группы низколежащих орбиталей (или групп орбиталей) молекулы независимо от типа их симметрии. Вторая тенденция – переход к чисто топологич. моделированию высших занятых и низших виртуальных мол. орбиталей; топологич. моделирование связано с методами типа метода Хюккеля и теориями реакционной способности, основанными на корреляционных соотношениях или принципах сохранения орбитальной симметрии (см. Вудворда–Хофмана правила).

Лит.: Дьюар М., Теория молекулярных орбиталей в органической химии, пер. с англ., М., 1972; Полуэмпирические методы расчета электронной структуры, пер. с англ., т. 1–2, М., 1980; Травень В. Ф., Электронная структура и свойства органических молекул, М., 1989. В. И. Пунышев.

ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВЫЕ МЕТОДЫ, физ. методы исследования и локального анализа пов-сти твердых тел с помощью пучка сфокусированных электронов (зонда). Пучки электронов получают с помощью электронной пушки – вакуумного устройства, обычно диода, в к-ром электроны вылетают из катода благодаря гл. обр. термоэлектронной эмиссии и ускоряются электр. полем. Фокусировку пучков осуществляют электронными линзами, создающими необходимые электр. и магн. поля. В Э.-з. м. используют первичные медленные (с энергией E_0 10^{-10} – 10^3 эВ) и быстрые (E_0 10^3 – 10^6 эВ) электроны.

После взаимод. пучка первичных электронов с пов-стью исследуемого образца можно регистрировать упруго или неупруго рассеянные электроны, вторичную электронную эмиссию, эмиссию десорбированных атомов или ионов, электромагн. излучение в рентгеновской или оптич. области, наведенный в образце электр. ток или эдс.

По характеру получаемой информации Э.-з. м. можно разделить на 3 группы: 1) методы исследования топографии пов-сти и кристаллич. структуры твердых тел; 2) методы локального анализа; 3) методы исследования электрофиз. характеристик и электронной структуры твердых тел. К первой группе относятся, в частности, *электронная микроскопия* – трансмиссионная (просвечивающая) (ТЭМ) и растровая (РЭМ), методы дифракции медленных (ДМЭ) и быстрых

(ДБЭ) электронов; ко второй – рентгеноспектральный микроанализ (РСМА; см. ниже), *катодолуминесцентный микроанализ* (КЛМА), электронно-зондовая масс-спектрометрия (ЭМС), *оже-спектроскопия* (ОС), спектроскопия характеристик. потерь энергии электронов (СХПЭ), спектроскопия пороговых потенциалов (СПП); к третьей – наряду с последними тремя из перечисленных методов относятся методы ДБЭ, ДМЭ, наведенной эдс и др. Одной из основных характеристик Э.-з. м. является локальность L – размер зоны, о составе и строении к-рой получают информацию. Значения этой величины как в поперечном (по пов-сти, L_{\perp}), так и в продольном (по глубине, L_{\parallel}) направлениях существенно различаются для разных методов, что видно из таблицы. В последней приведены также значения относит. ($C_{\text{мин}}$) и абсолютных ($q_{\text{мин}}$) пределов обнаружения элементов и относит. стандартные отклонения s_r (см. *Метрология химического анализа*).

В хим. исследованиях наиб. важны аналит. Э.-з. м., относящиеся ко второй группе. Среди них самый распространенный – метод рентгеноспектрального микроанализа, основанный на генерировании в выбранном локальном участке анализируемого образца характеристич. рентгеновского излучения (см. *Рентгеновская спектроскопия*), по спектру к-рого устанавливают качеств. и количеств. элементный состав выбранного участка.

Характеристич. рентгеновское излучение получают облучением образца электронным зондом со след. параметрами: диаметр зонда ≤ 1 мкм, сила тока i , 10^{-7} – 10^{-9} А, энергия E_0 1–50 кэВ. При взаимод. первичных электронов с атомами пробы происходят возбуждение и ионизация последних вследствие удаления электронов с ближайших к ядру оболочек – K , L и т. д. (при этом энергия первичных электронов уменьшается на определенную величину, что используется в СХПЭ). Возбужденные и ионизованные атомы релаксируют за время $\sim 10^{-15}$ с по излучат. или безызлучат. механизму. В первом случае генерируется характеристич. рентгеновское излучение, во втором – образуются оже-электроны. Вероятность излучат. перехода характеризуется отношением w числа атомов, релаксирующих по излучат. механизму, к общему числу возбужденных атомов. Эта величина растет с ростом атомного номера Z элемента и существенно зависит от того, с какой оболочки выбивается электрон при ионизации атома. Напр., для Na, Ti и Vg w_K соотв. равно 0,02, 0,20 и 0,60; w_L для Vg составляет 0,02. Поэтому методом РСМА целесообразно определять элементы с $Z > 11$, хотя возможно определение элементов с $Z > 3$.

Характеристич. рентгеновское излучение с интенсивностью I_0 частично поглощается и выходящее из анализируемого образца излучение имеет интенсивность $I = I_0 \exp(-\rho x)$, где ρ – плотность образца; x – путь, пройденный излучением в образце; μ – массовый коэф. поглощения, нелинейно зависящий от энергии квантов характеристич. рентгеновского излучения.

Выходящее из образца излучение разлагают в спектр (т. е. получают зависимость интенсивности I от энергии E) с помощью рентгеновских спектрометров с волновой (ВДС) или энергетич. (ЭДС) дисперсией. Действие ВДС-спектрометров (рис. 1) основано на условии Вульфа–Брэгга:

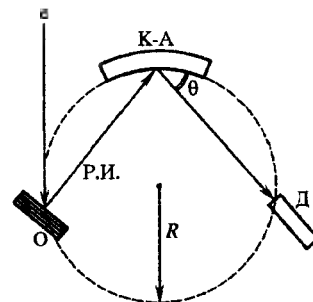


Рис. 1. Схема ВДС-спектрометра: О – анализируемый образец; К-А – кристалл-анализатор; Д – детектор; е – электронный зонд; Р.И. – рентгеновское излучение; θ – брэгговский угол; R – радиус окружности Роу-Лавла.

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВЫХ МЕТОДОВ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Электронно-зондовые методы	L_{\perp} , нм	L_{\parallel} , нм	$C_{\text{мин}}$, %	$q_{\text{мин}}$, г	s_r	Осн. области и объекты исследования
РЭМ	2	5	—	10^{-19}	—	Топография шифров, изломов
ТЭМ	0,2	10	—	10^{-20}	—	Микродефекты кристаллич. структуры
РСМА	10^3	$5 \cdot 10^2$	10^{-2}	10^{-15}	0,01	Локальный элементный состав
КЛМА	10^3	10^3	10^{-5}	10^{-18}	0,10	Распределение примесей в полупроводниках и диэлектриках
ОС	50	5	10^{-1}	10^{-20}	0,10	Локальный элементный состав
СХПЭ	2	10	1	10^{-20}	0,20	Микродефекты кристаллич. структуры
ДМЭ	10^6	0,5	—	10^{-7}	—	Адсорбированные газы
ДБЭ	10^5	102	—	10^{-6}	—	Кристаллич. структура пов-сти
СПП	10^5	1	1	10^{-12}	0,30	Состав и электронная структура пов-сти
ЭМС	10^5	10	10^{-4}	10^{-16}	0,10	Поверхностные загрязнения

$n\lambda = 2d \sin \theta$, где λ – длина волны характеристич. рентгеновского излучения; n – целое положит. число, называемое порядком отражения; d – межплоскостное расстояние в кристалле-анализаторе; θ – брэгговский угол (угол падения и отражения рентгеновского излучения от кристалла-анализатора).

Для разл. диапазонов λ используют кристаллы-анализаторы с разными d (напр., LiF, кварц, фталат таллия). Увеличение R – радиуса окружности Роуанда, проведенной через три точки в образце, кристалле-анализаторе и детекторе, повышает спектральное разрешение ΔE , но при этом уменьшает интенсивность I . Величина ΔE достигает обычно 10 эВ. В качестве детектора чаще всего используют проточные пропорциональные счетчики.

ЭДС-спектрометры снабжены охлаждаемыми Si(Li)-детекторами, позволяющими работать при существенно более низких i , чем в ВДС-спектрометрах, но имеющими худшее разрешение (ΔE ок. 150 эВ). Одно из достоинств ЭДС-спектрометров – отсутствие наложения аналит. линий с разными n , что возможно в ВДС-спектрометрах.

По положению линий характеристич. рентгеновского излучения в спектре (рис. 2) идентифицируют атомы, входящие в состав анализируемой пробы (качеств. анализ), по интенсивности выбранных аналит. линий определяют их содержание (количеств. анализ). При этом относят. предел обнаружения ($C_{\text{мин}}$) определяется соотношением величин полезного сигнала и фона. Фон в РСМА самый высокий по сравнению с др. методами рентгеновской спектроскопии, вследствие генерирования непрерывного рентгеновского излучения при торможении первичных электронов в пробе. Верхняя энергетич. граница непрерывного рентгеновского излучения определяется энергией E_0 первичных электронов, нижняя – сильным самопоглощением рентгеновского излучения в образце (при $E \approx 1$ кэВ).

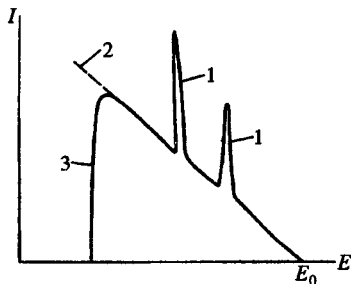


Рис. 2. Рентгеновский спектр в РСМА: 1 – линии характеристич. рентгеновского излучения; 2 – непрерывное рентгеновское излучение без поглощения (фон); 3 – область самопоглощения непрерывного рентгеновского излучения.

При проведении количеств. анализа сопоставляют измеренную интенсивность (I_x) характеристич. рентгеновского излучения определяемых атомов (концентрация x -рых C_x) в анализируемой пробе с интенсивностью $I_{\text{ст}}$ характеристич. рентгеновского излучения тех же атомов (концентрация $C_{\text{ст}}$) в образце известного состава, т.е. стандартном образце: $I_x/I_{\text{ст}} = FC_x/C_{\text{ст}}$, где F – поправочный коэф., учитывающий разл. поглощение выходящего излучения в анализируемом и стандартном образцах, разл. рассеяние и торможение первичных электронов в них, а также различие в эффектах возбуждения рентгеновской флуоресценции характеристич. и непрерывным излучением. Для расчетов F чаще всего используют микро-ЭВМ, установленные на выходе рентгеновских микроанализаторов.

Погрешности количеств. РСМА в лучших случаях не превышают 1–2%. При этом случайные погрешности, связанные с измерениями интенсивности I , м. б. снижены до величины относят. стандартного отклонения $s_r < 0,01$. Систематич. погрешности, определяемые в осн. величиной F , также м. б. меньше 1%. Осн. источник погрешностей в количеств. РСМА – процесс подготовки пробы к анализу. Поэтому важнейшими операциями являются шлифовка и полировка анализируемых и стандартных образцов, хим. обработка или «металлизация» их пов-сти (для образцов с низкой электро- или теплопроводностью).

Хотя относит. пределы обнаружения высоки (10^{-1} – $10^{-2}\%$), абсолютные пределы обнаружения достигают очень низких значений – 10^{-14} – 10^{-15} г благодаря высокой локальности ($L_1 \approx L_{\text{II}} \approx 1$ мкм). В спец. методах РСМА удастся проводить количеств. анализ субмикронных слоев и послойный анализ с разрешением по глубине $L_{\text{II}} < 0,1$ мкм. При количеств. анализе гетерогенных материалов необходимо учитывать эффекты гетерогенного фона (см. *Локальный анализ*) вблизи межфазных границ (причем зона действия таких эффектов может существенно превышать L_1 и достигать десятков и даже сотен мкм).

РСМА применяют для анализа индивидуальных частиц (в порошках, аэрозолях), микровключений в чистых материалах, определения состава фаз в минералах и сплавах, распределения элементов в тонких слоях и гетероструктурах. РСМА используют для исследования процессов диффузии, кристаллизации, коррозии, получения композиционных материалов и т. д.

Лит.: Рид С., Электронно-зондовый микроанализ, пер. с англ., М., 1979; Черепин В. Т., Васильев М. А., Методы и приборы для анализа поверхности материалов, К., 1982; Количественный электронно-зондовый микроанализ, пер. с англ., М., 1986; Гимельфарб Ф. А., Рентгеноспектральный микроанализ слоистых материалов, М., 1986.

Ф. А. Гимельфарб.

ЭЛЕКТРОННО-КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, составляющая полного взаимод. частиц в молекуле или твердом теле, возникающая в приближении, основанном на разделении электронных движений и колебаний ядер. Э.-к. в. наз. также вибронным взаимодействием (от англ. vibrational electronic), хотя термин «вибронный» в широком смысле означает все электронно-колебат. (вибронные) квантовые состояния и соответствующие этим состояниям уровни энергии.

Разделение переменных, характеризующих электронные и ядерные движения в молекуле, обычно проводится в рамках т. наз. грубого приближения Борна–Оппенгеймера (см. *Адиабатическое приближение*), в к-ром электронная волновая функция Φ_0 задается лишь для нек-рой фиксир. геом. конфигурации ядер $Q_0 = \{R_\alpha^0\}$, где R_α – радиус-вектор ядра α , индекс «0» указывает на то, что рассматривается фиксир. конфигурация, а фигурные скобки – на то, что учитывается все множество независимых радиусов-векторов. В этом приближении потенциал Э.-к. в. определяется выражением:

$$V_{ev} = \sum_{i,\alpha} \left(\frac{z_\alpha}{|r_i - R_\alpha|} - \frac{z_\alpha}{|r_i - R_\alpha^0|} \right), \quad (1)$$

где r_i – радиусы-векторы электронов; z_α – заряд ядра α ; $|r_i - R_\alpha|$ – расстояния от ядра α до электрона i ; суммирование ведется по индексам всех электронов и ядер. Любая другая конфигурация, получающаяся в результате малых смещений ядер δR_α , м. б. описана линейнонезависимыми обобщенными координатами q_v :

$$R_\alpha = R_\alpha^0 + \delta R_\alpha = R_\alpha^0 + \sum_v (\partial R_\alpha / \partial q_v) q_v.$$

Для такой конфигурации потенциал Э.-к. в. V_{ev} можно записать в виде ряда разложения по степеням q_v :

$$V_{ev} = \sum_v \frac{\partial V_{ev}}{\partial q_v} q_v + \frac{1}{2} \sum_{v,\nu} \frac{\partial^2 V_{ev}}{\partial q_v \partial q_\nu} q_v q_\nu + \dots, \quad (2)$$

причем все производные взяты в точке $Q_0 = \{R_\alpha^0\}$ многомерного пространства ядерных конфигураций. Эти производные зависят только от электронных переменных, тогда как колебат. координаты q_v суть малые смещения ядер. Поскольку потенциал V_{ev} содержит произведение тех и других, то он и называется потенциалом Э.-к. в.

В адиабатич. приближении электронная волновая ф-ция $\Phi_i(r, R)$ зависит от переменных $\{R_\alpha\}$ мгновенной ядерной конфигурации (в отсутствие вращения молекулы), поэтому Э.-к. в. задается операторами неадиабатич. связи электронного и колебат. движений. В простейшем случае двухатомной молекулы мгновенная ядерная конфигурация определяется

всего лишь одной координатой $R = |R_1 - R_2|$, а энергия Э.-к. в. и поправки к волновым ф-циям, обусловленные этим взаимодей., зависят от множества величин вида $\langle \Phi_i | \frac{d}{dR} | \Phi_j \rangle$

и $\langle \Phi_i | \frac{d^2}{dR^2} | \Phi_j \rangle$ ($i, j = 1, 2, \dots$; угловые скобки означают интегрирование по электронным переменным), к-рые после преобразований м. б. сведены к выражениям, подобным (1) и (2) для грубого приближения Борна-Оппенгеймера.

Как правило, Э.-к. в. проявляется особенно сильно тогда, когда в молекуле имеются два близко расположенные квантовые состояния одного и того же типа симметрии, напр. состояния 1 и 2 с волновыми ф-циями соотв. $\Psi_1 = \Phi_1(r, R)\chi_1(R)$ и $\Psi_2 = \Phi_2(r, R)\chi_2(R)$, где χ_1 и χ_2 – волновые ф-ции для ядерной подсистемы в отсутствие Э.-к. в. В силу того, что адиабатич. представление волновых ф-ций приближенно, более точное описание этих квантовых состояний имеет вид:

$$\Psi_1 = \Psi_1 + \lambda \Psi_2 \quad (\lambda \ll 1) \quad \text{и} \quad \Psi_2 = \mu \Psi_1 + \Psi_2 \quad (\mu \ll 1).$$

Обычно эта ситуация передается такими словами: «в состоянии 1 к ф-ции Ψ_1 примешана ф-ция Ψ_2 , а в состоянии 2 к ф-ции Ψ_2 примешана ф-ция Ψ_1 ». Следует отметить, что связанные с Э.-к. в. энергетич. поправки к адиабатич. приближению гораздо меньше, чем таковые к грубому приближению Борна-Оппенгеймера.

Учет Э.-к. в. приводит к ряду весьма важных эффектов. Для высокосимметричных молекул Э.-к. в. обуславливает появление Яна-Теллера эффектов, в частности расщепление уровней высокосимметричной конфигурации при понижении ее симметрии. Для молекул с более низкой симметрией оно изменяет правила отбора в мол. спектрах и приводит к перераспределению интенсивности линий и полос в этих спектрах. Так, правила отбора уже нельзя сформулировать отдельно для электронных и колебат. переходов, они будут определяться полными электронно-колебат. волновыми ф-циями Ψ_1 и Ψ_2 . В частности, если переход между возбужденным 1 (Ψ_{11}) и основным 0 (Ψ_{00}) состояниями в адиабатич. приближении был запрещен, а переход между возбужденным 2 (Ψ_{22}) и основным состояниями разрешен, то при учете Э.-к. в. волновая ф-ция Ψ_1 первого возбужденного состояния 1 в общем случае будет содержать примесь ф-ции Ψ_{22} , и переход, становился разрешенным. В этом случае говорят о «взаимодействии интенсивности» переходом $0 \rightarrow 1$ у перехода $0 \rightarrow 2$.

При возбуждении молекулы связанное электронно-колебат. состояние, в к-рое она переходит, по энергии м. б. очень близко к отталкивательному электронно-колебат. состоянию. За счет Э.-к. в. происходит безызлучательный переход в отталкиват. состояние, что приводит к диссоциации молекулы (см. Преддиссоциация).

Э.-к. в. определяет неадиабатич. характер многих хим. р-ций, для к-рых описание поведения реагирующей системы невозможно в рамках представления о движении точки, изображающей эту систему, по единственной потенц. пов-сти (см. Динамика элементарного акта). Области вблизи барьера на пути р-ции по пов-сти потенц. энергии отвечают, как правило, сближению потенц. пов-стей (одной и той же симметрии) и перестройке электронной конфигурации системы. В этих областях учет Э.-к. в. становится, по существу, обязательным. В ходе р-ции система взаимодействующих атомов и молекул проходит хотя бы через одну такую область, где адиабатич. приближение перестает быть справедливым и его необходимо заменять на приближения, лучше учитывающие Э.-к. в. (наряду с др. эффектами, напр., спин-орбитальным взаимодействием).

Лит.: Берсуер И.Б., Поллигер В.З., Вибронные взаимодействия в молекулах и кристаллах, М., 1983; Жилинский Б.М., Теория сложных молекулярных спектров, М., 1989. Н. Ф. Степанов.

ЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРЫ, мол. спектры, обусловленные квантовыми переходами из одного электронного состояния молекулы в другое. Переходы, при к-рых происходит по-

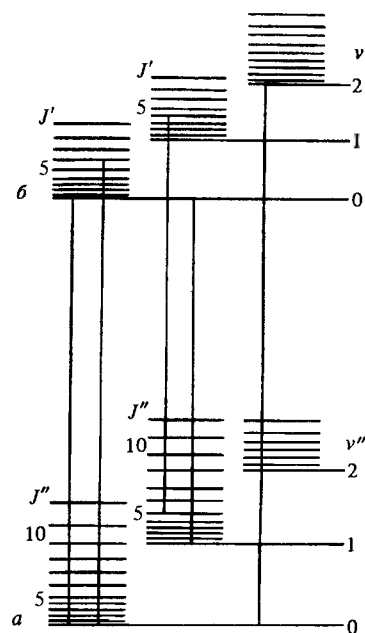


Рис. 1. Схема уровней энергии двухатомной молекулы: а и б – электронные уровни; v' и v'' – квантовые числа колебат. уровней; J' и J'' – квантовые числа вращат. уровней.

глошение кванта электромагн. излучения, образуют Э. с. поглощения. Переходы, сопровождающиеся испусканием излучения, образуют Э. с. испускания. Э. с. расположены, как правило, в видимой и УФ областях спектра, они являются ценным источником сведений о строении молекул и межмол. взаимодействиях.

Существование у каждого из электронных состояний молекулы колебат. и вращат. уровней энергии приводит к тому, что электронный переход в Э. с. оказывается представленным не одной линией (как в случае атомов), а сложной системой линий, принадлежащих разным электронно-колебательно-вращат. переходам (рис. 1). Волновое число линии ν такого спектра описывается выражением

$$\nu = \nu_{эл} + \nu_{кол} + \nu_{вр}.$$

Величина $\nu_{эл}$ представляет собой разность электронных энергий молекулы в минимумах поверхности потенц. энергии молекулы $\nu_{кол}$ и $\nu_{вр}$ – разности энергий соотв. для колебат. и вращат. уровней.

Классификация электронных состояний молекулы основывается на ряде признаков, из к-рых, прежде всего, следует отметить мультиплетность и тип симметрии. Мультиплетность электронного состояния M задается квантовым числом S результирующего электронного спина ($M = 2S + 1$) и характеризует кратность вырождения состояния по спину. Состояние с $M = 1$ ($S = 0$) наз. синглетным (обозначается буквой S), состояние с $M = 2$ ($S = 1/2$) – дублетным (D), состояние с $M = 3$ – триплетным (T) и т.д. В магн. поле вырождение состояний снимается: дублетное состояние расщепляется на два подуровня, триплетное – на три подуровня (см. Вырождение энергетических уровней). Электронное состояние с наименьшей энергией наз. основным (как правило, S_0 -состояние), остальные состояния – возбужденные ($S_1, S_2, T_1, T_2, \dots$). У большинства известных молекул в своб. состоянии основное состояние является синглетным. Молекулы с нечетным числом электронов, к числу к-рых относится, напр., NO, имеют обычно дублетное основное состояние. Среди молекул, имеющих в качестве основного триплетное состояние, прежде всего выделяют мол. кислород O_2 .

Возбужденные состояния молекул, образовавшиеся в результате поглощения кванта света, как правило, быстро теря-

ют энергию возбуждения (деактивируются), причем механизмы дезактивации м.б. различными. Время жизни низших возбужденных S_1 -состояний колеблется для разных молекул между 10^{-10} и 10^{-7} с, для T_1 -состояний от 0,0001 с до неск. секунд. Лежащие более высоко по энергии возбужденные состояния часто дезактивируются безызлучательно и имеют времена жизни менее 10^{-11} с.

Электронные состояния двухатомных и линейных многоатомных молекул классифицируют также по величине проекции их результирующего орбитального (углового) момента M_L на ось молекулы. Состояния с разл. M_L , принято обозначать буквами греч. алфавита Σ ($M_L = 0$), Π ($M_L = 1$), Δ ($M_L = 2$) и т.д. Такая классификация, по существу, определяется осевой симметрией линейных молекул.

Классификация состояний неллинейных молекул также проводится часто по симметрии ядерной подсистемы (перестановочной симметрии для тождественных ядер и точечной симметрии, напр. для их равновесных конфигураций; см. *Симметрия молекул*). Наличие точечной группы симметрии позволяет установить характер преобразований волновых ф-ций при операциях симметрии. Так, если молекула обладает центром симметрии, волновые ф-ции одних электронных состояний сохраняют свой вид при операциях инверсии, тогда как волновые ф-ции других состояний при этом меняют знак. В первом случае говорят о четном состоянии, к-рое обозначают нижним индексом «g», во втором – о нечетном состоянии (индекс «u»).

Отыскание волновых ф-ций, описывающих электронные состояния молекулы, производится с помощью методов квантовой химии (см., напр., *Молекулярных орбиталей методы*). Часто волновая ф-ция строится в одноэлектронном приближении, когда мол. орбитали (МО) записываются в виде линейной комбинации атомных орбиталей (см. *ЛКАО-приближение*). При качеств. рассмотрении электронно-возбужденных состояний часто ограничиваются учетом их симметрии и указанием того, как меняются МО исходного электронного состояния при возбуждении (при переходе в конечное состояние). При т. наз. одноэлектронном переходе электрон одной из орбиталей, напр. σ - или π -орбитали либо n -орбитали неподеленной пары электронов, меняет свое состояние, переходит на вакантную орбиталь (обозначается звездочкой: π^* , σ^* либо n^*). В зависимости от того, с какой занятой орбитали на какую вакантную орбиталь переходит электрон, возникают переходы типа $\pi \rightarrow \pi^*$, $n \rightarrow \pi^*$, $\sigma \rightarrow \pi^*$, $\sigma \rightarrow \sigma^*$ и т.п.

Правила отбора. В Э.с. проявляются далеко не все энергетически возможные для молекулы переходы. В случае одноэлектронных возбуждений разрешенными, т.е. имеющими отличную от нуля интенсивность линии в Э.с., являются переходы между состояниями одинаковой мультиплетности, напр. между синглетными состояниями ($S \rightleftharpoons S$) или между триплетными состояниями ($T \rightleftharpoons T$), тогда как интеркомбинационные переходы типа $S \rightleftharpoons T$ запрещены. Имеются запреты и по типам симметрии волновых ф-ций состояний.

Интенсивность полосы в Э.с. определяется прежде всего вероятностью перехода между электронными состояниями, к-рая, в свою очередь, связана с дипольным моментом перехода P :

$$P = \int \Psi_n^* \hat{P} \Psi_m dt, \quad (1)$$

где Ψ_n^* и Ψ_m – волновые ф-ции исходного и конечного состояний; \hat{P} – оператор дипольного момента (см. *Квантовые переходы*). Интеграл берется по пространств. координатам и спиновым переменным всех электронов и ядер (dt – элемент пространства всех этих переменных). Волновую ф-цию Ψ в грубом приближении Борна–Оппенгеймера (см. *Адиабатическое приближение*) представляют в виде произведения ф-ций $\Psi_{эл}$ (зависит от координат электронов) и $\Psi_{яд}$ (зависит от координат ядер). Тогда выражение (1) принимает вид:

$$P = \int \Psi_{эл}^* \hat{P} \Psi_{эл} dq \int \Psi_{яд}^* \Psi_{яд} dv \quad (2)$$

(dq и dv – элементы пространства соотв. электронных и ядерных переменных). Величина P не равна нулю, если не равен нулю ни один из интегралов в выражении (2). Т.к. оператор дипольного момента \hat{P} не зависит от спиновых переменных, первый интеграл, вообще говоря, не равен нулю, в частности, если состояния имеют одинаковую мультиплетность. Интеркомбинационные переходы между состояниями разной мультиплетности, хотя и наблюдаются в действительности, имеют очень малую вероятность. Причиной нарушения интеркомбинационного запрета служит *спин-орбитальное взаимодействие*, оно учитывается методами *возмущений теории*.

Второй интеграл означает, что в колебат. структуре разрешенного по симметрии электронного перехода будут активны только те колебания, для к-рых подынтегральная ф-ция $\Psi_{эл}^* \Psi_{эл}$ является полносимметричной или содержит полносимметричную составляющую. Запреты по симметрии нарушаются из-за *электронно-колебательного взаимодействия*.

Колебательная структура Э.с. Энергетич. интервалы между колебат. уровнями энергии одного и того же электронного состояния молекулы существенно больше, чем между вращат. уровнями. Поэтому колебат. структуру Э.с. принято называть *грубой структурой*. Каждый электронно-колебат. переход представлен в спектре системой линий, связанных с переходами между разными вращат. уровнями (Тонкая структура). Эта система линий регистрируется на приборах с высоким разрешением. Для сравнительно простых молекул, находящихся в газообразном состоянии, Э.с., полученные на приборах с малым или средним разрешением, состоят из колебательно-вращат. полос (полосатые спектры).

Э.с. многоатомных молекул обычно получают для конденсир. фазы (жидкие и твердые р-ры, кристаллы). Эти спектры, как правило, имеют вид широких бесструктурных или слабо структурированных полос. Лишь при низких т-рах (обычно 77 К, 20 К или 4,2 К) в матрицах из замороженных n -парафинов (матрицы Шпольского) полосы распадаются на большое число линий или узких полос (квазилиний), отражающих колебат. структуру каждого из электронных переходов. В отличие от обычных широкополосных Э.с. такие квазилинейчатые Э.с. являются для молекул характеристичными. Для молекул в др. средах при низких т-рах удается получить тонкоструктурный спектр флуоресценции, если возбуждать молекулы лазером с длиной волны возбуждения, приходящейся на область чисто электронного перехода (см. *Лазерная спектроскопия*).

Спектры поглощения. У подавляющего числа известных многоатомных молекул Э.с. поглощения определяются переходами из основного синглетного состояния S_0 в возбужденные синглетные состояния S_i (т. наз. $S_0 \rightarrow S_i$ -спектры). При комнатной и более низких т-рах почти все молекулы находятся на нулевом колебат. уровне. Полосы поглощения обусловлены переходами с нулевого колебат. уровня S_0 -состояния на разл. колебательные уровни S_i -состояний (рис. 2). Ввиду того, что возбужденные состояния быстро дезактивируются, в Э.с. поглощения обычно не наблюдаются полосы, связанные с переходами $S_1 \rightarrow S_i$ или $T_1 \rightarrow T_i$. Их удается зарегистрировать лишь с помощью импульсных ламп или лазеров, позволяющих создать на короткое время заметную заселенность T_1 - и S_1 -состояний. Получаемые при этом спектры $T_1 \rightarrow T_i$ - и $S_1 \rightarrow S_i$ -поглощения наз. спектрами наведенного поглощения.

Поглощение света отдельно взятой молекулой – анизотропный процесс. Дихроизм поглощения для кристаллов, ориентированных пленок, жидких кристаллов принято характеризовать величиной d :

$$d = \frac{D_{\parallel} - D_{\perp}}{D_{\parallel} + D_{\perp}},$$

где D_{\parallel} и D_{\perp} – оптич. плотности для линейно поляризованного света определенной длины волны с плоскостью поляризации, соотв. параллельной и перпендикулярной выделенному в в-ве

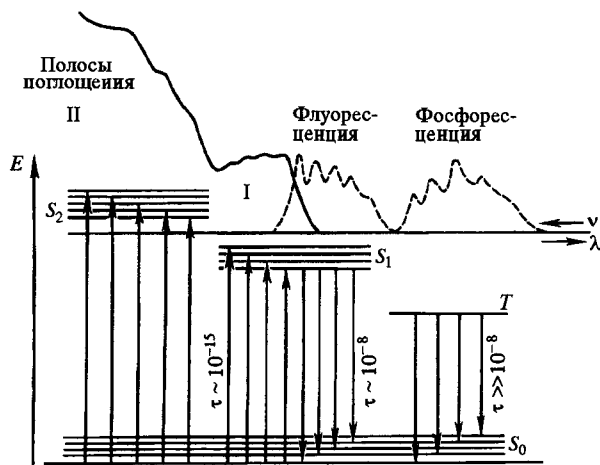


Рис. 2. Электронные спектры испускания (I) и поглощения (II). Указаны времена жизни (τ , с) и типы (S_0, S_1, S_2, T_1) энергетич. состояний. E – энергия; λ – длины волн; ν – волновые числа линий поглощения или испускания.

направлению, напр. оси ориентации (растяжения) пленки. Зависимость $d(\lambda)$ наз. спектрами дихроизма.

Весьма часто в многоатомных молекулах можно выделить сравнительно небольшие фрагменты, наз. хромофорами, к-рые в осн. ответственны за поглощение излучения. Электронное возбуждение при этом определяется гл. обр. изменением электронного распределения именно в локальных областях этих групп.

Поглощение света в-вом характеризуют обычно пропусканием τ , равным отношению интенсивностей прошедшего и падающего пучков, либо коэф. экстинкции, связанным с логарифмом пропускания (см. *Абсорбционная спектроскопия*). Полосам поглощения в Э.с. соответствуют молярные коэф. экстинкции от 10^3 до 10^6 , тогда как в случае, напр., запрещенных по симметрии электронных переходов эти коэф. обычно не превышают $10\text{--}10^2$.

Спектры испускания. Многоатомные молекулы в конденсир. фазе способны заметно испускать свет лишь при переходах из S_1 - и T_1 -состояний. Испускание, связанное с излучат. переходом $S_1 \rightarrow S_0$, получило назв. флуоресценции, а связанное с переходом $T_1 \rightarrow S_0$ – фосфоресценции (см. *Люминесценция*). Возбужденные молекулы до акта испускания света успевают частично дезактивироваться и оказываются на нулевом колебат. уровне S_1 - или T_1 -состояния.

При возбуждении в-ва линейно поляризованным светом испускание оказывается анизотропным. Степенью поляризации излучения наз. величину $p = (I_{\parallel} - I_{\perp}) / (I_{\parallel} + I_{\perp})$, где I_{\parallel} – интенсивность той компоненты излучения, к-рая поляризована так же, как и возбуждающий свет, а I_{\perp} – интенсивность перпендикулярно поляризованной этому направлению компоненты. Степень поляризации излучения каждого в-ва в р-ре зависит, в частности, от природы р-рителя и от длины волны возбуждающего света.

Применение Э.с. По интенсивности полос Э.с. можно судить о концентрации данного в-ва в р-ре (см. *Спектрофотометрия*). Так, по спектрам поглощения удастся зарегистрировать следы в-ва до $10^{-4}\text{--}10^{-6}$ моль/л, тогда как при анализе смесей с использованием замороженных матриц Шпольского можно подчас определить неск. индивидуальных компонентов смеси с абс. чувствительностью до 10^{-11} г (концентрация в-ва в таких матрицах обычно составляет $10^{-5}\text{--}10^{-6}$ моль/л). На основе квазилинейчатых спектров люминесценции разработан высокочувствит. и селективный мол. спектральный анализ сложных орг. смесей. По изменению интенсивности отд. полос судят об увеличении или уменьшении кол-ва отд. компонентов смеси при изменении условий (напр., рН среды), о наличии в системе тех или иных

хромофорных групп и их взаимод., величине дипольного момента молекул, симметрии молекул и др. Э.с., получаемые при низких т-рах в матрицах, позволяют судить о «замороженных» свободных радикалах и их превращениях, а при разрешенной колебат. структуре дают возможность определять спектроскопич. постоянные, напр. фундам. частоты колебаний для разл. электронных состояний.

Для этих же целей широко используют и Э.с. молекул в газовой фазе, хотя детальная информация м.б. получена в осн. лишь для малоатомных молекул. Для получения информативных электронно-колебат. спектров паров многоатомных молекул разработан спец. метод, основанный на охлаждении в-ва в сверхзвуковой струе инертного газа. Совр. методы анализа электронно-колебат. спектров позволяют получать сведения о тонких эффектах спин-орбитальных, электронно-колебат. и электрон-фононных взаимод. в возбужденных электронных состояниях молекулы, об орбитальной природе этих состояний.

Для получения Э.с. используют разл. комбинации методов, напр. возбуждение молекул световыми импульсами малой длительности, в т.ч. пико- и фемтосекундными с послед. зондированием образовавшихся возбужденных состояний излучением другой частоты. Подобные методы позволяют следить за эволюцией мол. систем во времени, в частности при хим. превращениях.

Поскольку Э.с. молекул зависят от условий их получения (фазовое состояние в-ва, т-ра образца, рН среды и др.), они применяются для исследований *межмолекулярных взаимодействий* и их связи с внеш. условиями, особенно в тех случаях, когда эти взаимод. велики (напр., при образовании водородных связей).

Лит.: Ельяшевич М. А., *Атомная и молекулярная спектроскопия*, М., 1962; Герцберг Г., *Электронные спектры и строение многоатомных молекул*, пер. с англ., М., 1969; Свердлов О. В., *Электронные спектры в органической химии*, 2 изд., Л., 1985.

Р. Н. Нурмухаметов.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС (ЭПР, электронный спиновый резонанс), явление резонансного поглощения электромагн. излучения парамагн. частицами, помещенными в постоянное магн. поле; один из методов *радиоспектроскопии*. Используется для изучения систем с ненулевым электронным спиновым магн. моментом (т.е. обладающих одним или неск. неспаренными электронами): атомов, своб. радикалов в газовой, жидкой и твердой фазах, точечных дефектов в твердых телах, систем в триплетном состоянии, ионов переходных металлов.

Физика явления. В отсутствие постоянного магн. поля H магн. моменты неспаренных электронов направлены произвольно, состояние системы таких частиц вырождено по энергии. При наложении поля H проекции магн. моментов на направление поля принимают определенные значения и вырождение снимается (см. *Зеемана эффект*), т.е. происходит расщепление уровня энергии электронов E_0 . Расстояние между возникшими подуровнями зависит от напряженности поля H и равно $E_1 - E_2 = \Delta E = g \mu_B H$ (рис. 1), где g – фактор спектроскопич. расщепления (см. ниже), μ_B – магнетон Бора, равный $9,274 \cdot 10^{-24}$ Дж/Тл; в системе единиц СИ вместо H следует использовать магн. индукцию $B = \mu_0 H$, где μ_0 – магн. проницаемость своб. пространства, равная $1,257 \cdot 10^{-6}$ Гн/м. Распределение электронов по подуровням подчиняется закону Больцмана, согласно к-рому отношение заселенностей подуровней определяется выражением $n_1/n_2 = \exp(-\Delta E/kT)$, где k – постоянная Больцмана, T – абс. т-ра. Если на образец подвешивать переменным магн. полем с частотой ν , такой, что $h\nu = g \mu_B H$ (h – постоянная Планка), и направленным перпендикулярно H , то индуцируются переходы между соседними подуровнями, причем переходы с поглощением и испу-

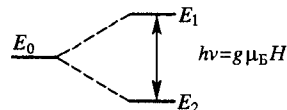


Рис. 1. Расщепление энергетического уровня электрона в постоянном магнитном поле. E_0 – уровень в отсутствие поля, E_1 и E_2 – уровни, возникающие в присутствии поля H .

сканием кванта $h\nu$ равновероятны. Т.к. на нижнем уровне число электронов больше в соответствии с распределением Больцмана, то преим. будет происходить резонансное поглощение энергии переменного магн. поля (его магн. составляющей).

Для непрерывного наблюдения поглощения энергии условия резонанса недостаточны, т.к. при воздействии электромагн. излучения произойдет выравнивание заселенностей подуровней (эффект насыщения). Для поддержания болцмановского распределения заселенностей подуровней необходимы релаксационные процессы. Релаксационные переходы электронов из возбужденного состояния в основное реализуются при обмене энергией с окружающей средой (решеткой), к-рый осуществляется при индуцированных решеткой переходах между электронными подуровнями и определяется как спин-решеточная релаксация. Избыток энергии перераспределяется и между самими электронами – происходит спин-спиновая релаксация. Времена спин-решеточной релаксации T_1 и спин-спиновой релаксации T_2 являются количеств. мерой скорости возврата спиновой системы в исходное состояние после воздействия электромагн. излучения. Зафиксированное регистрирующим устройством поглощение электромагн. энергии спиновой системой и представляет собой спектр ЭПР.

Основные параметры спектров ЭПР – интенсивность, форма и ширина резонансной линии, g -фактор, константы тонкой и сверхтонкой (СТС) структуры. На практике обычно регистрируется 1-я, реже 2-я производные кривой поглощения, что позволяет повысить чувствительность и разрешение получаемой информации.

Интенсивность линии определяется площадью под кривой поглощения (рис. 2, а), к-рая пропорциональна числу парамагн. частиц в образце. Оценку их абс. кол-ва осуществляют сравнением интенсивностей спектров исследуемого образца и эталона. При регистрации 1-й производной кривой поглощения (рис. 2, б) используют процедуру двойного интегрирования. В ряде случаев интегральную интенсивность можно приблизительно оценить, пользуясь выражением $S_{пл} = I_{\max} (\Delta H_{\max})^2$, где $S_{пл}$ – площадь под кривой поглощения, I_{\max} – интенсивность линии, ΔH_{\max} – ширина линии. 1-я и особенно 2-я производные (рис. 2, в) весьма чувствительны к форме линии поглощения.

Форма линии в спектре ЭПР сравнивается с лоренцевой и гауссовой формами линии, к-рые аналитиче-

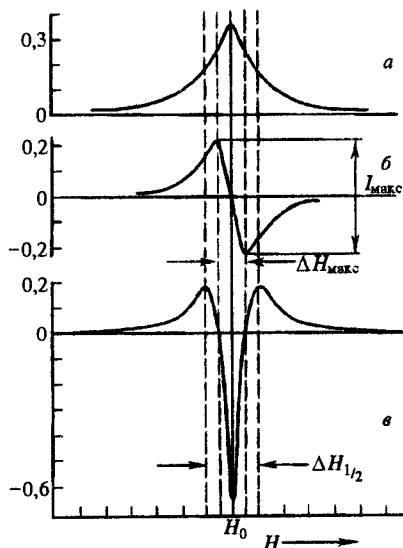


Рис. 2, а – кривая поглощения ЭПР, б – первая производная поглощения, в – вторая производная поглощения; $\Delta H_{1/2}$ – ширина линии на полувысоте кривой поглощения; ΔH_{\max} и I_{\max} – соответственная ширина и интенсивность линии между точками максимального наклона.

ски выражаются в виде: $y = a/(1 + bx^2)$ (лоренцева линия), $y = a \exp(-bx^2)$ (гауссова линия). Лоренцевы линии обычно наблюдаются в спектрах ЭПР жидких р-ров парамагн. частиц низкой концентрации. Если линия представляет собой суперпозицию мн. линий (неразрешенная СТС), то форме ее близка к гауссовой.

Важным параметром является ширина линии ΔH_{\max} , к-рая связана с шириной линии на полувысоте $\Delta H_{1/2}$ соотношениями $\Delta H_{\max} = (2/\sqrt{3})\Delta H_{1/2}$ (лоренцева форма) и $\Delta H_{\max} = (2/\ln 2)\Delta H_{1/2}$ (гауссова форма). Реальные линии ЭПР, как правило, имеют промежуточную форму (в центре лоренцева, по краям – гауссова формы). Времена релаксации T_1 и T_2 определяют ширину резонансной линии $\Delta H_{1/2} \approx 1/T_1 + 1/T_2$. Величина T_1 характеризует время жизни электронного спина в возбужденном состоянии, в соответствии с принципом неопределенности при малых T_1 происходит уширение линии ЭПР. В парамагн. ионах T_1 имеет порядок $10^{-7} - 10^{-9}$ с и определяет осн. канал релаксации, обуславливающий появление очень широких линий (вплоть до таких, к-рые невозможно наблюдать в обычных условиях). Использование гелиевых т-р позволяет наблюдать спектры ЭПР за счет увеличения T_1 . В своб. орг. радикалах T_1 достигает порядка секунд, поэтому главный вклад в ширину линии вносят релаксационные процессы, связанные со спин-спиновым взаимодействием и определяемые временем T_2 , обратно пропорциональным $\Delta H_{1/2}$: $1/T_2 \sim \gamma_e \Delta H_{1/2}$, где γ_e – гиромагн. отношение для электрона, γ – параметр, зависящий от формы линии, в частности $\gamma = 1$ для лоренцевой линии и $\gamma = (\pi \ln 2)^{1/2}$ для гауссовой линии. Физ. смысл T_2 заключается в том, что каждый электронный спин в системе создает локальные поля в местах нахождения др. электронов, модулируя резонансное значение поля H и приводя к уширению линии.

g -Фактор формально определяется как фактор спектроскопич. расщепления Ланде, равный

$$g = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{J(J+1)},$$

где L, S, J – квантовые числа соотв. орбитального, спинного и полного моментов кол-ва движения. В случае чисто спинного магнетизма $L = 0$ (ситуация своб. электрона) $g = 2,0023$. Отклонение от этой величины свидетельствует о примеси орбитального магнетизма (спин-орбитальное взаимодействие), приводящего к изменению величины резонансного поля. Ценную информацию величина g -фактора дает при анализе спектров ЭПР парамагн. ионов с сильным спин-орбитальным взаимодействием, т.к. она весьма чувствительна к лигандному окружению иона, к-рое формирует кристаллич. поле (см. Кристаллического поля теория). Для ионов g -фактор определяется в виде $g = 2(1 - \lambda/\Delta)$, где λ – константа спин-орбитального взаимодействия (или спин-орбитальной связи), Δ – т. наз. расщепление в поле лигандов. Для орг. своб. радикалов величина Δ очень велика, λ мала и отрицательна, поэтому для этих систем g -фактор близок к таковому для своб. электрона и изменяется в пределах третьего знака после запятой.

Магнитные взаимодейд. в спиновых системах в общем случае анизотропны, что определяется анизотропией волновых ф-ций (орбиталей) неспаренного электрона за исключением систем с неспаренным электроном в z -состоянии. Резонансное значение магн. поля и величина g -фактора зависят от относит. ориентации магн. поля и кристаллографич. (или молекулярных) осей. В жидкой фазе анизотропные взаимодейд. усредняются, приводя к изотропному (усредненному) значению g -фактора. В отсутствие усреднения (твердая фаза) в зависимости от структуры и хим. окружения спиновой системы, реализуется цилиндрич. (осевая) или более низкая симметрия. В случае цилиндрич. симметрии различают g_{\perp} и g_{\parallel} , причем g_{\parallel} – величина при поле H , параллельном оси симметрии z , g_{\perp} – величина при H , перпендикулярном оси z .

Тонкая структура возникает в спектрах ЭПР парамагн. ионов, содержащих более одного неспаренного элект-

рона ($S > 1/2$). В частности для иона с $S = 3/2$ при наложении постоянного магн. поля образуются $2S + 1 = 4$ подуровня, расстояния между к-рыми для своб. иона одинаковы, и при поглощении кванта $h\nu = g\mu_B H$ должен наблюдаться один резонансный пик. В ионных кристаллах за счет неоднородности кристаллич. поля интервалы между подуровнями спиновой системы оказываются разными. В результате этого поглощение электромагн. излучения происходит при разл. значениях поля H , что приводит к появлению в спектре трех резонансных линий.

Сверхтонкая структура. Наиб. ценную информацию дает анализ СТС спектров ЭПР, обусловленной взаимодействием магн. момента неспаренного электрона с магн. моментами ядер. В простейшем случае атома водорода неспаренный электрон находится в поле H и локальном поле, созданном ядерным спином протона ($I = 1/2$); при этом имеются две возможные ориентации ядерных спинов относительно поля H : в направлении этого поля и в противоположном, что приводит к расщеплению каждого зеемановского уровня на два (рис. 3). Т. обр., вместо одной линии резонансного поглощения при фиксированной частоте возникают две ли-

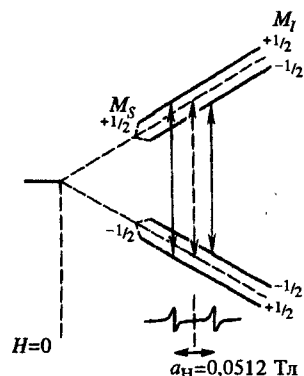


Рис. 3. Энергетические уровни атома водорода в постоянном магнитном поле. Вертикальная пунктирная стрелка показывает переход, к-рый наблюдался бы в отсутствие СТБ. Сплошные вертикальные стрелки соответствуют двум переходам сверхтонкой структуры. В спектре ЭПР (ниже схема) расстояние между линиями — константа СТБ с ядром протона. M_S и M_I — соответственно проекции спинов электрона и протона, связанные с их магнитными моментами.

нии. Расстояние между ними наз. константой сверхтонкого взаимодействия (СТВ); для атома водорода $a_H = 5,12 \cdot 10^{-2}$ Тл. В общем виде при наличии СТБ неспаренного электрона с ядром, обладающим спином I , линия поглощения ЭПР расщепляется на $(2I + 1)$ компонент СТС равной интенсивности. В случае СТБ с n эквивалентными ядрами в спектре возникают $n + 1$ эквидистантно расположенных линий с отношением интенсивностей, пропорциональным коэффициентам биномиального разложения $(1 + x)^n$. Мультиплетность и интенсивность линий определяется ориентацией ядерных спинов в каждом конкретном случае, что видно на примере спектра ЭПР метильного радикала (рис. 4). Следует подчеркнуть, что каждая линия спектра отвечает совокупности частиц, имеющих одну и ту же комбинацию ядерных спинов, создающих одно и то же локальное магн. поле, а весь спектр — это статистическое среднее по всему ансамблю спиновой системы.

Различают два типа СТБ: анизотропное, обусловленное диполь-дипольным взаимодействием неспаренного электрона и ядра, и изотропное (контактное), возникающее при ненулевой спиновой плотности неспаренного электрона в точке ядра. Анизотропное взаимодействие зависит от угла θ между направлением поля H и линией, соединяющей электрон и ядро; его величина определяется ф-лой

$$a_{\text{анзо}} = \mu_z(3\cos^2\theta - 1)/r,$$

где μ_z — компонента магн. момента ядра вдоль поля H , r — расстояние между электроном и ядром. Анизотропное СТБ проявляется в твердой и вязкой средах при беспорядочной ориентации парамагн. частиц в виде уширения компонент СТС и изменения их формы. В маловязких средах это взаимодействие усредняется до нуля в результате быстрого вращения частиц и остается только изотропное (контактное) СТБ,

889

определяемое выражением $a_{\text{изо}} = 8\frac{\pi}{3} \cdot \frac{\mu_z}{I} |\psi_i|^2$, где μ_z — ядерный магн. момент, $|\psi_i|^2$ — спиновая плотность в точке ядра, к-рая не обращается в нуль только для электронов в s -состоянии, т. е. для электронов на s -орбиталях или на соответствующей

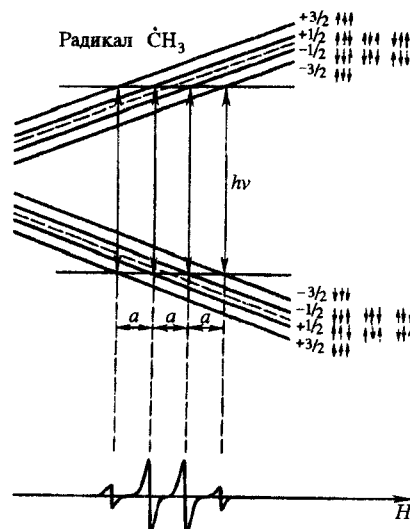


Рис. 4. Уровни сверхтонкой структуры и ориентации ядерных спинов для трех эквивалентных ядер со спином $1/2$ (протонов) в переменном магнитном поле. Интенсивность линий в спектре ЭПР отражает вырождение по ориентациям ядерных спинов (показаны справа).

молекулярной орбитали. В таблице приведены рассчитанные значения макс. контактного СТБ для s -электронов нек-рых атомов, ядра к-рых обладают ненулевым магн. моментом.

СВОЙСТВА АТОМОВ С МАГНИТНЫМИ ЯДРАМИ, КОНСТАНТЫ СТБ a НЕСПАРИННОГО ЭЛЕКТРОНА С ЯДРОМ

Атом	Массовое число	Содержание в природной смеси, %	Ядерный спин	$a \cdot 10^{-4}$ Тл
H	1	99,98	$1/2$	512
Li	6	7,52	1	54,29
	7	92,48	$3/2$	143,37
Na	23	100	$3/2$	316,11
K	39	93,26	$3/2$	82,38
Rb	85	72,15	$5/2$	361,07
	87	27,85	$3/2$	1219,25
Cs	133	100	$7/2$	819,84

В π -электронных системах (большинство орг. своб. радикалов) спиновая плотность в точке ядра равна нулю (узловая точка p -орбитали) и реализуются два механизма возникновения СТБ (спиновой переноса): конфигурационное взаимодействие и эффект сверхсопряжения. Механизм конфигурационного взаимодействия иллюстрируется рассмотрением СН-фрагмента (рис. 5). Когда на p -орбитали появляется неспаренный электрон, его магн. поле взаимодействует с парой электронов σ -связи С—Н так, что происходит их частичное распаривание (спиновая поляризация), в результате чего на протоне появляется отрицат. спиновая плотность, поскольку энергия взаимодействия спинов $\alpha\alpha$ и $\alpha\beta$ различна. Состояние, указанное на рис. 5, a ,

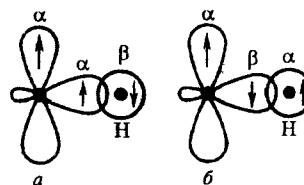


Рис. 5. Возможные спиновые конфигурации для σ -орбитали, связывающей атом водорода во фрагменте С—Н, и p -орбитали атома углерода со спином α ; a — спины на связывающей σ -орбитали и p -орбитали атома углерода параллельны, b — те же спины антипараллельны.

890

более устойчиво, т. к. для углеродного атома, несущего неспаренный электрон, в соответствии с правилом Хунда реализуется макс. мультиплетность. Для систем этого типа существует связь между константой СТБ с протоном и спиновой плотностью на соответствующем углеродном атоме, определяемая соотношением Мак-Коннелла: $a_H = Q\rho_C$, где $Q = -28 \cdot 10^{-4}$ Тл, ρ_C – спиновая плотность на атоме углерода. Спиновый перенос по механизму конфигурационного взаимодействия, реализуется для ароматич. протонов и α -протонов в орг. своб. радикалах.

Эффект сверхсопряжения заключается в непосредственном перекрывании орбиталей неспаренного электрона и магн. ядер. В частности, в алкильных радикалах СТБ по этому механизму возникает на ядрах β -протонов. Напр., в этильном радикале на α -протонах СТБ определяется конфигурационным взаимодействием, а на β -протонах – сверхсопряжением. Эквивалентность СТБ с тремя протонами метильной группы в рассматриваемом случае обусловлена быстрым вращением группы CH_3 относительно связи $C-C$. В отсутствие своб. вращения (или в случае затрудненного вращения), что реализуется в жидкой фазе для мн. систем с разветвленными алкильными заместителями или в монокристаллич. образцах, константа СТБ с β -протонами определяется выражением $a_H = B_0 + B_2 \cos^2 \theta$, где θ – двугранный угол между $2p_z$ -орбиталью α -углеродного атома и связью $C-H$, $B_0 \approx 4 \cdot 10^{-4}$ Тл определяет вклад спиновой поляризации по ядерному остову (конфигурационное взаимодействие), $B_2 \approx 45 \cdot 10^{-4}$ Тл. В пределе быстрого вращения $a_H = 2,65 \cdot 10^{-3}$ Тл.

В спектроскопии ЭПР триплетных состояний ($S=1$) помимо электрон-ядерных взаимодействий (СТБ) необходимо учитывать взаимодействие неспаренных электронов друг с другом. Оно определяется диполь-дипольным взаимодействием, усредняемым до нуля в жидкой фазе и описываемым параметрами нулевого расщепления D и E , зависящими от расстояния между неспаренными электронами (см. *Радикальные пары*), а также обменным взаимодействием (изотропным), обусловленным непосредственным перекрыванием орбиталей неспаренных электронов (спиновый обмен), к-рое описывается обменным интегралом $J_{обм}$. Для бирадикалов, в к-рых каждый из радикальных центров имеет одно магн. ядро с константой СТБ на этом ядре a , в случае быстрого (сильного) обмена $J_{обм} \gg a$, и каждый неспаренный электрон бирадикальной системы взаимодействует с магн. ядрами обоих радикальных центров. При слабом обмене ($J_{обм} \ll a$) регистрируются спектры ЭПР каждого радикального центра независимо, т. е. фиксируется «монорадикальная» картина. Зависимость $J_{обм}$ от r -ты и r -рителя позволяет получить динамич. характеристики бирадикальной системы (частоту и энергетич. барьер спинового обмена).

Техника эксперимента. В спектроскопии ЭПР используют радиоспектрометры, принципиальная блок-схема к-рых представлена на рис. 6. В серийных приборах частота электромагн. излучения задается постоянной, а условие резонанса достигается путем изменения напряженности магн. поля. Большинство спектрометров работает на частоте ν 9000 МГц, длина волны 3,2 см, магн. индукция 0,3 Тл. Электромагн. излучение сверхвысокой частоты (СВЧ) от источника К по волноводам В поступает в объемный резонатор Р, содержа-

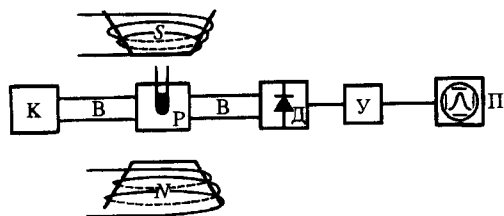


Рис. 6. Блок-схема спектрометра ЭПР. К – источник СВЧ излучения, В – волноводы, Р – объемный резонатор, Д – детектор СВЧ излучения, У – усилитель, NS – электромагнит, П – регистрирующее устройство.

щий исследуемый образец и помещенный между полюсами электромагнита NS. В условиях резонанса СВЧ излучение поглощается спиновой системой. Модулированное поглощение СВЧ излучение по волноводу (В) поступает на детектор Д. После детектирования сигнал усиливается на усилителе У и подается на регистрирующее устройство П. В этих условиях регистрируется и интегральная линия поглощения ЭПР. Для повышения чувствительности и разрешения спектрометров ЭПР используют высокочастотную (ВЧ) модуляцию (обычно 100 кГц) внешнего магн. поля, осуществляемую с помощью модуляционных катушек. ВЧ модуляция и спец. фазочувствит. детектирование преобразуют сигнал ЭПР в первую производную кривой поглощения, в виде к-рой и происходит регистрация спектров ЭПР в большинстве серийных спектрометров. В нек-рых спец. случаях используют спектрометры, работающие в диапазоне длин волн 8 мм и 2 мм, что позволяет существенно улучшить разрешение по g -фактору (своб. радикалы, парамагн. ионы).

Чувствительность совр. спектрометров достигает 10^{-9} М (10^{11} частиц в образце) при оптимальных условиях регистрации и ширине линии 10^{-4} Тл. Важной характеристикой является временная шкала метода, определяемая частотой СВЧ излучения, подающегося на образец ($\nu = 10^{10}$ с), что позволяет исследовать динамику в спиновых системах в диапазоне частот 10^6 – 10^{10} с $^{-1}$.

Применение. Методом ЭПР можно определять концентрацию и идентифицировать парамагн. частицы в любом агрегатном состоянии, что незаменимо для исследования кинетики и механизма процессов, происходящих с их участием. Спектроскопия ЭПР применяется в радиационной химии, фотохимии, катализе, в изучении процессов окисления и горения, строения и реакционной способности орг. своб. радикалов и ион-радикалов, полимерных систем с сопряженными связями. Методом ЭПР решается широкий круг структурно-динамич. задач. Детальное исследование спектров ЭПР парамагн. ионов d - и f -элементов позволяет определить валентное состояние иона, найти симметрию кристаллич. поля, количественно изучать кинетику и термодинамику многоступенчатых процессов комплексообразования ионов. Динамич. эффекты в спектрах ЭПР, проявляющиеся в специфич. уширении отдельных компонент СТБ, обусловленном модуляцией величины констант СТБ за счет внутри- и межмол. хим. р-ций, позволяют количественно исследовать эти р-ции, напр. электронный обмен между ион-радикалами и исходными молекулами типа $A^+ + A \rightleftharpoons A + A^+$, лигандный обмен типа $LR' + L' \rightleftharpoons L'R + L$, внутримол. процессы вращения отдельных фрагментов в радикалах, конформац. вырожденные переходы, внутримол. процессы перемещения атомов или групп атомов в радикалах и т. д.

Модификации метода. В двойном электрон-ядерном резонансе (ДЭЯР) образец подвергают одновременно воздействию СВЧ излучения и переменного магн. поля в области частот ЯМР. При этом СВЧ излучение и постоянное магн. поле поддерживаются в условиях резонанса, а частота ЯМР, т. е. переменное магн. поле, обеспечивающее реализацию ЯМР при данном постоянном магн. поле, меняется в диапазоне, отвечающем величинам СТБ конкретной спиновой системы. При выполнении условия ядерного резонанса происходит изменение интенсивности сигнала ЭПР. Спектр ДЭЯР, т. обр., представляет собой график изменения интенсивности сигнала ЭПР в зависимости от изменения частоты ЯМР. Метод значительно упрощает спектры исследуемых объектов. Напр., если спектр ЭПР радикала $(C_6H_5)_3C^{\cdot}$ содержит 196 линий СТБ, то в спектре ДЭЯР регистрируется три пары линий, отвечающих трем наборам протонных констант СТБ для этого радикала (*орто*-, *мета*-, *пара*-протоны трех фенильных колец).

В двойном электрон-электронном резонансе (ДЭЭР) измеряют уменьшение интенсивности одного сверхтонкого перехода при одновременном насыщении (за счет большой мощности соответствующей СВЧ частоты) второго сверхтонкого перехода, т. е. линий СТБ, напр., в

спектрах, изображенных на рис. 4. Обе модификации ЭПР дают очень точные значения констант СТВ.

Метод электронного спинового эха (ЭСЭ) заключается в воздействии на спиновую систему коротких и мощных СВЧ импульсов в условиях ЭПР и наблюдение релаксации возбужденной т. обр. системы в исходное состояние. Помимо непосредственного измерения времен релаксации спиновой системы метод позволяет получать информацию о скорости медленных движений своб. радикалов (см. также *Спинового эха метод*).

Оптически детектируемый ЭПР (ОД ЭПР) дает информацию о своб. радикалах в радикальных парах, возникающих при радиационном или УФ воздействии в кристаллах и жидкой фазе. Спиновое состояние радикальной пары (синглетное или триплетное) можно изменить вынужденным путем, вызывая спиновые переходы партнеров пары под действием резонансного микроволнового поля во внешнем магн. поле. Спектр ЭПР при этом регистрируется путем изменения выхода продуктов из радикальной пары любым аналит. методом. Наиб. чувствительность получается при использовании оптич. методов, особенно по измерению люминесценции. При изменении напряженности магн. поля записываемый спектр люминесценции в точности повторяет спектр ЭПР радикалов, возникающих в радикальных парах. Чувствительность метода составляет 10^{-10} частиц в образце, что позволяет получать сведения о спектрах ЭПР, строении и превращениях короткоживущих радикалов, время жизни к-рых составляет порядка 10^{-8} с.

Явление ЭПР открыто Е. К. Завойским в 1944.

Лит.: Вертц Дж., Болтон Дж., Теория и практические приложения метода ЭПР, М., 1975; Landolt-Bornstein, Numerical data and functional relationships in science and technology. New series, B., v. II/1, 1965-66, II/2, 1966, II/8, 1976-80, II/10, 1979, II/11, 1981, II/12, 1984, II/17, 1987-89. А. И. Прокофьев.

ЭЛЕКТРОНОГРАФИЯ, метод исследования атомной структуры в-ва, гл. обр. кристаллов, основанный на дифракции электронов (см. *Дифракционные методы*). Существует неск. вариантов метода. Основным является Э. на просвет, при этом используют дифракцию электронов высоких энергий (50–300 кэВ, что соответствует длине волны ок. $5 \cdot 10^{-3}$ нм).

Э. проводят в спец. приборах – электронографах, в к-рых поддерживается вакуум 10^{-5} – 10^{-6} Па, время экспозиции ок. 1 с, или в трансмиссионных электронных микроскопах (см. *Электронная микроскопия*). Образцы для исследований готовят в виде тонких пленок толщиной 10–50 нм, осаждая кристаллич. в-во из р-ров или суспензий, либо получая пленки вакуумным распылением. Образцы представляют собой мозаичный монокристалл, текстуру или поликристалл.

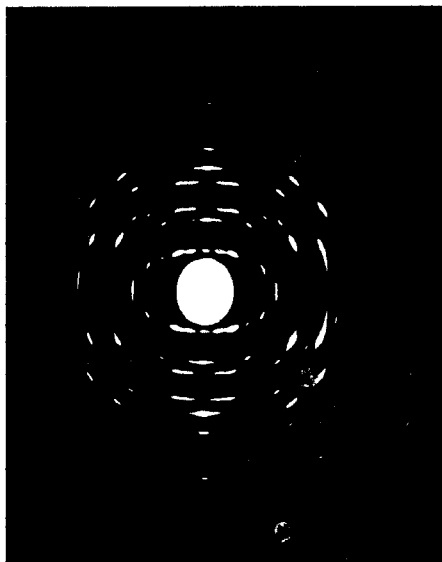


Рис. 1. Электронограмма от текстуры In_2Se_3 .

Дифракционная картина – электронограмма – возникает в результате прохождения начального монохроматич. пучка электронов через образец и представляет собой совокупность упорядоченно расположенных дифракц. пятен – рефлексов (рис. 1), к-рые определяются расположением атомов в исследуемом объекте. Рефлексы характеризуются межплоскостными расстояниями d_{hkl} в кристалле и интенсивностью I_{hkl} . Здесь h , k и l – миллеровские индексы (см. *Кристаллы*). По величинам и по расположению рефлексов определяют элементарную ячейку кристалла; используя также данные по интенсивности рефлексов, можно определить атомную структуру кристалла. Методы расчета атомной структуры в Э. близки к применяемым в рентгеновском структурном анализе. Расчеты, обычно проводимые на ЭВМ, позволяют установить координаты атомов, расстояния между ними и т. д. (рис. 2).

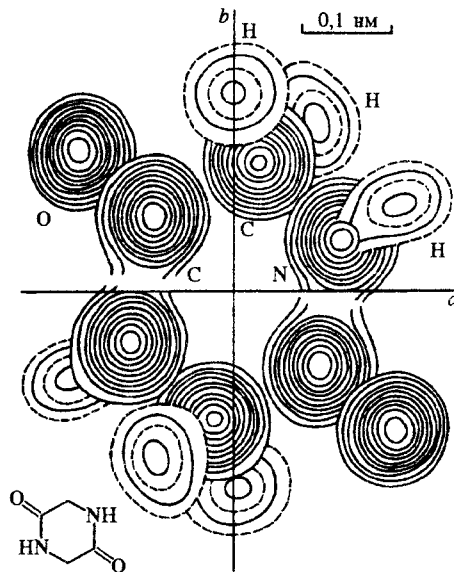


Рис. 2. Кристаллическая структура 2,5-дикетопиперазина, рассчитанная с помощью ЭВМ. Сгущение линий соответствует положениям атомов C, N, O и H.

Электронографически можно проводить фазовый анализ в-ва (в этом случае совокупность значений I_{hkl} и d_{hkl} сравнивают с имеющимися базами данных), можно изучать фазовые переходы в образцах и устанавливать геом. соотношения между возникающими фазами, исследовать полиморфизм и политипизм. Методом Э. исследованы структуры ионных кристаллов, кристаллогидратов, оксидов, карбидов и нитридов металлов, полупроводниковых соединений, орг. в-в, полимеров, белков, разл. минералов (в частности, слоистых силикатов) и др. Э. часто комбинируют с электронной микроскопией высокого разрешения, позволяющей получать прямое изображение атомной решетки кристалла.

При изучении массивных образцов используют дифракцию электронов на отражение, когда падающий пучок как бы скользит по пов-сти образца, проникая на глубину 5–50 нм. Дифракц. картина в этом случае отражает структуру пов-сти. При этом можно изучать явления адсорбции посторонних атомов, эпитаксию, процессы окисления и т. п. Если кристалл обладает атомной структурой, близкой к идеальной, и дифракция на просвет или на отражение происходит на глубине ~ 50 нм или более, то получается дифракционная картина с т. наз. линиями Кикучи, на основании к-рой можно делать выводы о совершенстве структуры.

В Э. электронов низких энергий (10–300 эВ) электроны проникают на глубину всего в 1–2 атомных слоя. По интенсивности отраженных пучков можно установить строение поверхностной атомной решетки кристаллов. Этим методом установлено отличие поверхностной структуры кристаллов

Ge, Si, GaAs, Mo, Au и мн. др. от внутр. структуры, т.е. наличие поверхностной сверхструктуры. Так, напр., для Si на грани (111) образуется структура, обозначаемая 7×7 , т.е. период поверхностной решетки в этом случае превышает период внутр. атомной структуры в 7 раз, в др. кристаллах образуются поверхностные решетки 2×2 , 2×4 , 4×4 и т.п.

В Э. при дифракции в электронном микроскопе применяются др. спец. методы, напр. метод сходящегося пучка и нанодифракции тонкого луча. В первом случае получают дифракц. картины, по к-рым можно определять симметрию (пространств. группу) исследуемого кристалла. Второй метод дает возможность изучать мельчайшие кристаллы с поперечником в неск. нм. Известна также Э. молекул в газах, к-рая позволяет устанавливать строение свободных молекул орг. и неорг. в-в, молекул в парах ряда соединений, напр. галогенидов металлов.

Лит.: Вайнштейн Б. К., Структурная электронография, М., 1956; Высокоточная электронография в исследовании слоистых минералов, М., 1979; Electron diffraction technique, v. 1-2, ed. by I. M. Cowley, Oxf., 1992-93.

Б. К. Вайнштейн.

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ, выделение фазы (металла, сплава, оксида и др.) на пов-сти электрода в результате протекания электрохим. р-ции. Э. металлов лежит в основе гидроэлектрометаллургии (см. *Электролиз*) и *гальванотехники*. Металлы Au, Ag, Cu, Bi, Pb, Sn, Cd, Co, Ni, Fe, Zn, Mn осаждаются из водных р-ров простых солей. Нек-рые элементы — W, Mo, P, S — м.б. выделены в виде сплавов с металлами группы железа. Al, Mg, Be, Zr и др., имеющие высокий отрицат. электродный потенциал (см. *Электрохимический ряд напряжений*), осаждаются из неводных р-ров или расплавов солей.

Э. металла происходит при более отрицат. электродном потенциале, чем его равновесный потенциал в данном р-ре (см. *Поляризация*). Выделение Ag, Pb, Cd из водных р-ров простых солей происходит при небольших значениях поляризации электрода ΔE ; Co, Ni, Fe выделяются при высокой поляризации электрода; для Cu, Bi, Zn поляризация ΔE имеет промежуточ. значение. Величина ΔE растет с увеличением тока i через электрохим. систему. Подвод разряжающихся ионов к пов-сти катода осуществляется путем диффузии, конвекции и миграции. Ток i_d при к-ром скорость разряда ионов сравняется со скоростью их доставки к пов-сти катода путем диффузии, наз. *предельным диффузионным током*. Дальнейший рост тока становится возможным при возрастании потенциала электрода до значений, достаточных для протекания новой электрохим. р-ции (выделения H_2 или др. металлов). В режиме предельного диффузионного тока на катоде наблюдается рост дендритов и порошкообразных отложений, при более низких токах осаждаются плотные металлич. слои.

При содержании в р-ре ионов неск. металлов и достижении потенциала их совместного разряда на катоде образуется осадок сплава. Для получения компактных слоев сплавов стремятся сблизить потенциалы разряда ионов, изменяя активность разряжающихся ионов (напр., путем подбора соответствующих лигандов) или избират. торможением разряда более электроположит. металла (напр., введением в р-р ПАВ). Наиб. часто встречающийся случай совместного разряда ионов — выделение металла и H_2 .

Кол-во электричества, затраченного на выделение металла, отнесенное к общему кол-ву пропущенного электричества, наз. *выходом металла по току*. Выделяющийся H_2 может включаться в материал катода и растущий осадок, ухудшая их физ.-мех. св-ва. Особенно сильное воздействие водород оказывает на высокопрочные стали, вызывая развитие трещин, — т. наз. *водородное охрупчивание*. Для устранения охрупчивания после нанесения покрытия изделия прогревают до восстановления исходных мех. св-в.

Согласно закону Фарадея, кол-во выделяющегося металла на единице площади пов-сти за единицу времени пропорционально току, поэтому распределение тока по пов-сти электрода важно для получения равномерных по толщине покрытий, особенно на сложно профилир. изделиях. Распределение тока зависит от электрохим. поляризуемости dE/di , омич.

сопротивления р-ра, соосаждения примесей и локального выхода металла по току.

Морфология пов-сти электроосажденных слоев и их структура определяются плотностью тока, т-рой, интенсивностью перемешивания р-ра, концентрацией компонентов, присутствием в р-ре ПАВ или др. примесей. Повышение т-ры, интенсивности перемешивания или снижение плотности тока способствуют росту более крупных и совершенных кристаллов.

Э. металлов обычно протекает в неравновесных условиях и в присутствии адсорбир. компонентов р-ра. Следствием этого является отклонение физ. и мех. св-в электроосажденных металлов, особенно сплавов, от значений, характерных для равновесных условий. Осадки имеют более высокую твердость, пониженные пластичность и электропроводность, малый размер кристаллов. Плотность дислокаций достигает 10^{11} – 10^{12} см $^{-2}$, что соответствует предельным степеням деформации металла. Из-за повышенной концентрации вакансий в электроосажденных слоях наблюдается ускоренная взаимная диффузия компонентов в многослойных покрытиях. Особенно сильно отличаются от равновесных св-ва электроосажденных сплавов, для к-рых характерно образование сильно пересыщенных твердых р-ров и др. метастабильных фаз, иногда отсутствующих на диаграмме равновесия. В нек-рых случаях на катоде осаждаются аморфные системы — т. наз. *металлич. стекла*.

Соосаждение с металлом разл. примесей может происходить не только в результате совместного разряда ионов (напр., водорода, фосфора или серы), но и путем захвата из р-ра заряженных частиц и нейтральных молекул ПАВ. Включение в растущий осадок крупных неметаллич. частиц (Al_2O_3 , MoS_2 , алмаза и др.) приводит к образованию композиц. покрытий, к-рые м.б. использованы в качестве абразивных или антифрикц. покрытий. Э. металлов и сплавов используется для придания пов-сти изделия особых физ.-мех. св-в: магнитных (изготовление магнитопроводов и магн. экранов, нанесение рабочих слоев на диски элементов памяти ЭВМ), электрических (токонесущие слои волноводов и печатных плат, элементы сопротивлений и нагревателей), высокой твердости, сопротивления износу, отражат. способности, а также для покрытия контактов с низким переходным сопротивлением. См. также *Электрокристаллизация*.

Лит.: Ротинян А. Л., Тихонов К. И., Шонина И. А., Теоретическая электрохимия, Л., 1981; Антропов Л. И., Теоретическая электрохимия, 4 изд., М., 1984.

Ю. М. Полукаров.

ЭЛЕКТРООСМОС, см. *Электрокинетические явления*.

ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ, величина, характеризующая способность атома к поляризации ковалентных связей. Если в двухатомной молекуле А—В образующие связь электроны притягиваются к атому В сильнее, чем к атому А, то атом В считается более электроотрицательным, чем А.

Л. Полинг предложил (1932) для количеств. характеристики Э. использовать термодим. данные об энергии связи А—А, В—В и А—В — соотв. E_{AA} , E_{BB} и E_{AB} . Энергия гипотетической чисто ковалентной связи А—В ($E_{ков}$) принимается равной среднеарифметич. или среднегеометрич. значению величин E_{AA} и E_{BB} . Если Э. атомов А и В различны, то связь А—В перестает быть чисто ковалентной и энергия связи E_{AB} станет больше $E_{ков}$ на величину Δ_{AB} :

$$\Delta_{AB} = E_{AB} - E_{ков}$$

Чем больше различие Э. (χ) атомов А и В, тем больше величина Δ_{AB} . Используя эмпирич. ф-лу

$$0,208 \sqrt{\Delta_{AB}} = |\chi_A - \chi_B|$$

(множитель 0,208 возникает при переводе значений энергии из ккал/моль в эВ) и принимая для атома водорода произвольное значение Э. χ_H , равное 2,1, Полинг получил удобную шкалу относит. числовых значений Э., часть к-рых приведена в табл. Наиб. электроотрицателен самый легкий из галогенов — F, наименее — тяжелые щелочные металлы.

Для количеств. описания Э., помимо термодим. данных, используют также данные о геометрии молекул (напр., метод

ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ АТОМОВ ПО ПОЛИНГУ

						H
Li	Be	B	C	N	O	F
1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	3,0
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br
0,8	1,0	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I
0,8	1,0	1,7	1,8	1,9	2,1	2,5

Сандерсона), спектральные характеристики (напр., метод Горди).

Широко используют также шкалу Оллреда и Рокоу, в к-рой Э. рассчитывают по ф-ле:

$$\chi = 0,359Z^*/r^2 + 0,744,$$

где Z^* – т. наз. эффективный заряд ядра по Слэтеру, r – атомный ковалентный радиус. Наиб. ясный физ. смысл имеет метод Малликена, к-рый определил Э. атома как полусумму его сродства к электрону и потенциала ионизации. Получены шкалы Э. для разл. валентных состояний атомов, для ионов, молекул и групп атомов. Э., базирующиеся на методе Малликена и распространенные на широкий круг разнообразных объектов, наз. абсолютными Э. Для практич. расчетов предложены шкалы Э. Бацанова и Луо–Бенсона.

Величины Э. широко применяют в физ.-хим. исследованиях благодаря наличию простых эмпирич. ф-л, связывающих Э. с длиной, частотой колебаний, поляричностью и др. характеристиками хим. связей. Напр., ф-ла Шомакера–Стивенсона связывает длину связи (r_{AB}) с ковалентными радиусами атомов (r_A, r_B) и их Э.:

$$r_{AB} = r_A + r_B - 0,09|\chi_A - \chi_B|.$$

Лит.: Бацанов С. С., Электроотрицательность элементов и химическая связь, Новосиб., 1962; Хьюн Дж., Неорганическая химия, пер. с англ., М., 1987; Филлипов Г. Г., Горбунов А. И., «Росс. хим. журнал», 1995, т. 39, № 2, с. 39–42; Pauling L., The nature of the chemical bond, 3 ed., Ithaca (N. Y.), 1960; Pearson R. G., «Inorg. Chem.», 1988, v. 27, № 4, p. 734–40; Luo Yu-Ran, Benson S. W., «Acc. Chem. Res.», 1992, v. 25, № 8, p. 375–81.

И. П. Ромм.

ЭЛЕКТРОПЕРЕНОС (электродиффузия), передвижение компонентов металлич. расплавов (напр., компонентов жидких сплавов Na–K, Hg–Cd, Ga–Bi) при пропускании постоянного электрич. тока. Наблюдается также в твердых в-вах, только в этих случаях Э. происходит значительно медленнее. Известен Э. изотопов в металлах (эффект Хейфнера, открыт в 1953); обычно легкий изотоп мигрирует к аноду. До сих пор Э. мало изучен.

Э. фактически проявляется только в движении примесей, если концентрация их невелика. Характеризуется Э. электр. подвижностью u_i ионов i -го компонента, равной скорости упорядоченного движения при напряженности поля 1 В/см, и зависит от эффективного заряда z_i^* . Эти величины связаны ур-нием Эйнштейна:

$$u_i = z_i^* e D_0 / kT,$$

где D_0 – коэф. молекулярной диффузии, e – элементарный электр. заряд, k – постоянная Больцмана, T – абс. т-ра.

При достаточно длит. пропускании тока Э. уравновешивается обратной диффузией и конвекцией и достигается стационарное (неизменное во времени) распределение концентраций c_i i -го компонента в образце, определяемое соотношением:

$$c_2 = c_1 \exp (u_i \Delta \Psi / D_{\Phi}),$$

где c_1 и c_2 – концентрация i -го компонента в точках 1 и 2, $\Delta \Psi$ – разность электр. потенциалов между точками 1 и 2, D_{Φ} – эффективный коэф. диффузии. При высоких значениях $\Delta \Psi / D_{\Phi}$ степень разделения компонентов при Э. весьма велика (составляет 10^5 и более). Порядок величин u_i ионов в жидких металлах и в р-рах электролитов близок и составляет 10^{-3} – 10^{-4} см²/(В·с).

Одним из факторов, определяющих Э., является электронный ветер – увлечение ионов и атомов компонентов потоком электронов проводимости. Для разб. бинарного р-ра справедливо ур-ние:

$$z_2^* = z_2 - z_1 \sigma_2 / \sigma_1,$$

где z_1 и z_2 – истинные заряды ионов основного компонента и примеси, σ_1 и σ_2 – сечения рассеяния ими электронов, z_2^* – эффективный заряд примеси. Действующая на ион результирующая сила F_2 равна разности электростатич. силы и силы электронного ветра:

$$F_2 = (z_2 - z_{2\text{эф}}) e E,$$

где $z_{2\text{эф}} = z_1 \sigma_2 / \sigma_1$ – эффективный заряд, обусловленный электронным ветром, E – напряженность электр. поля. Если $\sigma_2 / \sigma_1 \gg 1$, что наблюдается, напр., для большинства примесей в жидких щелочных металлах и в Ga, вклад $z_{2\text{эф}}$ намного превышает вклад собственного заряда примесного иона. В таких случаях Э. под действием электронного ветра значительно эффективнее, чем под действием электростатич. силы, но осуществляется не к катоду, а к аноду. Так, для Bi в Ga при 200 °C $z_2^* = -5,5$, а в щелочных металлах его z_2^* может достигать –80 единиц заряда электрона.

В общем случае эффективные заряды компонентов зависят от состава расплава и т-ры. При изменении концентраций компонентов бинарного расплава иногда наблюдается инверсия Э. Так, в сплаве Na–K при содержании Na более 48% по массе Na движется к аноду, K – к катоду. При меньшем содержании Na направления движения компонентов меняются. Т-ра обычно слабо влияет на эффективные заряды.

Известен также дырочный ветер – увлечение ионов и атомов дырками (вакансиями) в зоне электронов проводимости).

В твердых металлах, в отличие от жидких, Э. в осн. подвергаются ионы и атомы в активир. состоянии. Известен также Э. (самоперенос) в твердых чистых металлах – направленное движение ионов при пропускании через металл постоянного тока.

Э. используют в полупром. масштабах для глубокой очистки металлов (Ga, In, P3Э) в жидкой фазе. Для P3Э Э. в твердом состоянии – осн. метод очистки, т. к. P3Э реагируют со всеми газами, кроме благородных, и здесь недоступны традиц. методы очистки, особенно от примесей кислорода, азота и углерода. Э. применяют для выращивания монокристаллов и эпитаксиальных слоев полупроводниковых соед., напр. GaAs (электроэпитаксия). Э. в твердой фазе – одна из причин отказов полупроводниковых приборов и электронных устройств, работающих при высоких плотностях тока. Изучение закономерностей Э. позволяет сильно увеличить срок службы этих приборов. В области Э. можно ожидать новых открытий, особенно в случаях Э. на границе твердых и жидких фаз, при фазовых переходах. Об этом свидетельствует факт аномально высокой подвижности примесей при зонной плавке и резании металлов (эффект Бобровского).

Явление Э. открыл М. Жирардин в 1861.

Лит.: Фикс В. Б., Ионная проводимость в металлах и полупроводниках, М., 1969; Бобровский В. А., Электродиффузионный износ инструмента, М., 1970; Белященко Д. К., Исследование расплавов методом электропереноса, М., 1974; Михайлов В. А., Богданова Д. Д., Электроперенос в жидких металлах, Новосибир., 1978; Кузьменко П. П., Электроперенос, термоперенос и диффузия в металлах, К., 1983; Фикс В. Б., «Природа», 1986, № 6, с. 88–97; Fort D., «J. less-common metals», 1987, v. 134, p. 45–65.

С. И. Дракин, В. А. Михайлов.

ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ, физ.-хим. явления, обусловленные пространств. разделением зарядов разного знака на границе раздела фаз и приводящие к образованию на пов-сти раздела двойного электр. слоя и межфазного скачка потенциала; один из типов *поверхностных явлений* в коллоидной химии.

К Э. я. относятся: *электрокапиллярные явления*, связанные с влиянием электр. потенциала на работу образования пов-сти; *электрокинетические явления* (*электрофорез*, *электроосмос*, потенциалы течения, потенциалы оседания); *электромембранные явления*, вызванные наличием скачка потенциала в поверхностных слоях биол. или искусств. мембран и

выражающиеся в транспорте электронов (ионов) через (или вдоль) мембраны (напр., в процессе окислительного фосфорилирования при клеточном дыхании). Специфика Э.я. в сравнении с др. типами поверхностных явлений обусловлена дальнедействующим характером электростатич. (кулоновских) взаимодействий ионов с возникающим вследствие этого диффузным распределением ионов вблизи границы раздела фаз. Поэтому наблюдается сильная зависимость Э.я. не только от скачка потенциала, но и от концентрации компонента и состава фаз.

Э.я. играют огромную роль в прир. явлениях, жизнедеятельности организмов; широко используются в технол. процессах. Так, Э.я. лежат в основе процессов минералообразования и разрушения горных пород, атм. явлений (напр., грозных разрядов), переноса энергии к клеткам организмов, передачи нервных импульсов, функционирования зрения, определяют процессы загрязнения окружающей среды разл. в-вами и др. В технике Э.я. используются при обработке металлов и сплавов, проведении сорбционных и ионообменных процессов, в катализе, электрокатализе и др.

Лит.: Шукан Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А., Коллоидная химия, М., 1992; Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Электрохимия, М., 1987. См. также лит. при ст. Поверхностные явления. О.А. Петрий.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТОВ, способность электролитов проводить электрич. ток при приложении электрич. напряжения. Носителями тока являются положительно и отрицательно заряженные ионы — катионы и анионы, к-рые существуют в р-ре вследствие электролитич. диссоциации. Ионная Э.я., в отличие от электронной, характерной для металлов, сопровождается переносом в-ва к электродам с образованием вблизи них новых хим. соед. (см. *Электролиз*). Общая (суммарная) проводимость состоит из проводимости катионов и анионов, к-рые под действием внешнего электрич. поля движутся в противоположных направлениях. Доля общего кол-ва электричества, переносимого отд. ионами, наз. числами переноса, сумма к-рых для всех видов ионов, участвующих в переносе, равна единице.

Количественно Э.я. характеризуют эквивалентной электропроводностью λ — проводящей способностью всех ионов, образующихся в 1 грамм-эквиваленте электролита. Величина λ связана с уд. электропроводностью σ соотношением:

$$\lambda = 1000\sigma/c, \quad (1)$$

где c — концентрация р-ра в г-экв/л. Эквивалентная электропроводность зависит от природы растворенного в-ва и р-рителя, структуры р-ра, а также от концентрации, т-ры, давления. Предельно разбавленному р-ру, в к-ром все молекулы диссоциированы на ионы, соответствует предельное значение λ_∞ . В соответствии с *Кольрауша законом* λ_∞ равна сумме эквивалентных электропроводностей катионов и анионов. Эквивалентная электропроводность отд. иона пропорциональна скорости его движения в р-ре и характеризует подвижность иона в р-ре.

Описание концентрац. зависимости λ , как и других св-в р-ров электролитов (см. *Растворы электролитов*), обычно базируется на ионном подходе, в рамках к-рого р-ритель рассматривается как бесструктурная диэлектрич. среда, в к-рой ионы движутся в соответствии с законами гидродинамики и характером межмолекулярного взаимодействия. Простейшей моделью является модель заряженных твердых сфер, движущихся в вязком р-рителе под влиянием силы, обусловленной градиентом потенциала. При этом сила сопротивления движению иона в р-ре определяется ур-нием Стокса (см. *Вискозиметрия*). В рамках применимости этого ур-ния выполняется правило Вальдена — Писаржевского, в соответствии с к-рым для одного и того же электролита в любых р-рителях произведение предельного значения эквивалентной электропроводности λ_∞ на вязкость р-рителя η является постоянной величиной, к-рая не зависит от природы р-рителя, но является ф-цией т-ры. Сравнительно хорошо это правило выполняется только для слабо сольватир. ионов, в частности ионов, имеющих большие размеры в кристаллич. фазе. С

увеличением концентрации значение λ уменьшается в осн. в р-рах слабых электролитов и в области малых концентраций удовлетворительно описывается законом разведения Оствальда (см. *Электролитическая диссоциация*).

В р-рах сильных электролитов концентрац. зависимость λ определяется межмолекулярным взаимодействием. В области применимости *Дебая-Хюккеля теории* имеются две причины для торможения ионов вследствие межмолекулярного взаимодействия. Первая из них связана с тем, что движение иона тормозится ионной атмосферой, к-рая имеет заряд, противоположный центральному иону, и под влиянием поля движется в направлении, противоположном перемещению иона (электрофоретич. эффект). Вторая причина связана с тем, что при движении иона под действием электрич. поля его ионная атмосфера деформируется и теряет сферич. симметрию, причем большая часть заряда ионной атмосферы концентрируется позади центрального иона (релаксационный эффект). Учет обоих эффектов приводит к ур-нию Онсагера:

$$\lambda = \lambda_\infty - (A + B\lambda_\infty)\sqrt{c}, \quad (2)$$

где A и B — эмпирич. постоянные, являющиеся ф-циями т-ры, вязкости и диэлектрич. проницаемости р-рителя.

Как и теория Дебая-Хюккеля, ур-ние Онсагера ограничено областью умеренно разбавленных р-ров. Для описания концентрации р-ров возникает необходимость в учете некулоновской части межмолекулярного взаимодействия, в частности в учете ионных размеров. Для этой цели применяются методы кинетич. теории ионных систем. К дополнит. уменьшению λ приводит образование ионных ассоциатов — пар, тройников и т.п., к-рое, как и эффект неполной диссоциации, сокращает общее число своб. ионов в р-ре. Для учета этого эффекта в ур-нии Онсагера заменяют общую концентрацию ионов концентрацией своб. ионов αc (α — степень электролитич. диссоциации), что приводит к ур-нию Фуосса-Онсагера:

$$\lambda = \alpha(\lambda_\infty - (A + B\lambda_\infty)\sqrt{\alpha c}). \quad (3)$$

В переменных электрич. полях при достаточно высокой частоте ион не уходит далеко от центра ионной атмосферы, вследствие чего она не деформируется. Обусловленный деформацией релаксационный эффект не возникает, что приводит к увеличению λ — т. наз. эффект Дебая-Фалькенгагена. Величина λ возрастает также в постоянных электрич. полях достаточно высокой напряженности (10^4 – 10^5 В/см). В этих условиях ионы движутся настолько быстро, что ионная атмосфера не успевает образоваться, вследствие чего практически отсутствуют и релаксационный, и электрофоретич. эффекты. В результате λ стремится к предельному значению λ_∞ (т. наз. эффект Вина). В слабых электролитах эффект Вина вызывается также смещением диссоциативного равновесия в сторону образования ионов.

Влияние т-ры и давления на Э.я. обусловлено изменением предельного значения λ_∞ вследствие изменения структуры р-рителя и характера ион-молекулярного взаимодействия, изменения влияния межмолекулярного взаимодействия и смещения диссоциативного равновесия. Более детальное описание механизма Э.я. в широкой области концентраций, т-р и давлений возможно в рамках ион-молекулярного подхода. При этом уд. электропроводность рассчитывают через электрич. поток $j(t) = \sum_a z_a v_a(t)$ и автокорреляц. ф-цию $J(t) = \langle j(0)j(t) \rangle / \langle j^2(0) \rangle$ с помощью соотношения:

$$\sigma = \frac{\rho e^2}{\mu} \int_0^\infty J(t) dt, \quad (4)$$

где ρ — кол-во ионов электролита в единице объема р-ра, e — элементарный электрич. заряд, μ — приведенная масса катиона и аниона, z_a — степень окисления иона сорта a , $v_a(t)$ — его скорость в момент времени t .

Специфич. механизм электропроводности характерен для к-т и оснований, содержащих соотв. ионы H^+ и OH^- , к-рые в водных р-рах (или других протонных р-рителях) имеют по-

движность на порядок больше остальных ионов. Для объяснения аномально высокой проводимости ионов H^+ и OH^- предполагается, что под влиянием электрич. поля протоны перемещаются не только путем миграции, но и по механизму протонного обмена, включающему перенос протона в кислой среде от ионов гидроксония H_3O^+ к молекуле воды, а в щелочной — от молекулы воды к иону OH^- .

Эксперим. изучение Э. э. — важное направление физико-химического анализа, поскольку зависимость Э. э. от состава р-ра позволяет судить о концентрации солей, качественный состав к-рых известен (см. также Кондуктометрия). Измерения λ используют для определения подвижностей ионов.

Лит.: Скорчеллетти В. В., Теоретическая электрохимия, 4 изд., Л., 1974; Измайлов Н. А., Электрохимия растворов, 3 изд., М., 1976; Эрден-Груз Т., Явления переноса в водных растворах, пер. с англ., М., 1976. См. также лит. к ст. Растворы электролитов. М. Ф. Головкин.

ЭЛЕКТРОГРАФИРОВАНИЕ, см. Электролиз, Электрохимия.

ЭЛЕКТРОСИНТЕЗ (электрохимический синтез), способ получения хим. соед. в процессе электролиза. В качестве анодов обычно используют оксиды $Pb(IV)$, Ni , $Mn(IV)$ и др. металлов, благородные металлы (Pt , Ir , Ru), графит и его модификации (стеклоуглерод, пирографит). Катодами чаще всего служат Pb , Hg , Cu , Zn , Ni , Fe или др. металлы. Исходное в-во растворяют в полярном р-рителе (вода, низшие алифатич. спирты, ацетонитрил, ДМФА, диоксан). Наиб. эффективны процессы Э., если молекулы исходного в-ва диссоциируют в р-ре на ионы, а также если исходное в-во — орг. соед., в молекулах к-рого имеются полярные функц. группы. Если исходное в-во не является электролитом, необходимо добавление в-ва, придающего системе электропроводящие св-ва, но не участвующего в электродном процессе (фоновый электролит). Если исходное в-во не растворяется в используемом полярном р-рителе (напр., в воде), вводят дополнит. сорастворитель — в-во, растворимое в воде и растворяющее исходное в-во. Этот прием часто используют при Э. орг. в-в.

Осн. характеристики пром. Э. следующие: 1) токовая нагрузка на электролизер. Для биполярных электролизеров различают линейную нагрузку I_L — ток в А, к-рый подводится к электролизеру, и эквивалентную нагрузку $I_L \cdot n$, где n — число электродов. Эквивалентная нагрузка определяет производительность электролизера. Макс. токовая нагрузка в пром. электролизерах редко превышает 50 кА. 2) Напряжение — разность электрич. потенциалов, прикладываемая к клеммам электролизера. Общее напряжение при Э. складывается из падения напряжения в электродах и токоподводящих шинах; теоретич. напряжения разложения для данной электрохим. системы, равного алгебраич. разности равновесных потенци-

алов анода и катода, рассчитываемых по Нернста уравнению; перенапряжения (см. Поляризация); падения напряжения из-за внутр. сопротивления электролита (гл. обр. в слое между электродами) и падения напряжения на диафрагме, разделяющей катодное и анодное пространства. 3) Плотность тока. Электродная плотность тока выражается отношением тока к площади пов-сти контакта электрода с электролитом, на к-рой происходит электродный процесс (измеряется в A/m^2). Пром. Э. ведется при плотностях тока от 500 до 3000 A/cm^2 . Объемная плотность тока измеряется в А на 1 л р-ра электролита и характеризуется совершенством конструкции электролизера.

4) Выход по току (в %) характеризует долю тока, к-рая расходуется на получение целевого продукта.

5) Коэф. полезного использования электроэнергии — отношение теоретически необходимого кол-ва электроэнергии для получения единицы массы в-ва к практически затраченному, Теоретически необходимое кол-во электроэнергии W_0 равно энергии, к-рую нужно затратить при протекании Э. со 100%-ным выходом по току при напряжении, равном напряжению разложения. Практически расход электроэнергии постоянного тока W_n определяется ф-лой:

$$W_n = VK_z \eta_n$$

где V — напряжение в В, K_z — электрохим. эквивалент в $г/(A \cdot час)$, η_n — выход по току (в %). Коэф. полезного использования электроэнергии $\eta_n = W_0/W_n$.

Электролиз неорганических веществ. Пром. получение неорг. окислителей основано гл. обр. на анодном процессе (электроокислении), катодные процессы находят ограниченное применение. Анодные процессы проводят, как правило, в бездиафрагменных электролизерах, используя в качестве катодов сталь. Для подавления нежелат. процессов восстановления в р-р добавляют дихромат натрия; образующаяся на катоде хромит-хроматная пленка предотвращает восстановление.

В пром-сти применяют Э. для получения надсерной (пероксодисерной) к-ты $H_2S_2O_8$ и ее солей — персульфатов; способ основан на электроокислении серной к-ты и сульфатов. Надсерная к-та и нек-рые ее соли используются в произ-ве пероксида водорода. Перманганат калия $KMnO_4$ получают электроокислением манганата K_2MnO_4 или анодным растворением сплава Mn с Fe — ферромарганца. Диоксид марганца MnO_2 в значит. масштабах производится электролизом сернокислых р-ров сульфата марганца $MnSO_4$. Путем электроокисления синтезируют кислородсодержащие соед. хлора в разл. степенях окисления и др. продукты. Техн. характеристики наиб. важных процессов неорг. Э. представлены в табл. 1.

Табл. 1.— ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСИНТЕЗА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Продукт	Исходное в-во (его содержание в р-ре, г/л)	Электроды		Условия электролиза			Выход по току, %	Расход энергии, кВт·ч/кг
		анод	катод	плотн. тока, KA/m^2	напряжение, В	т-ра, °C		
Гипохлорит натрия $NaClO$	$NaCl$ (50–100), $Na_2Cr_2O_7$ (4–10)	ОРГА*	Нержавеющая сталь	2,0	1,6	15–25	До 98	—
Хлорат натрия $NaClO_3$	$NaCl$ (280), $Na_2Cr_2O_7$ (3–6)	PbO_2	Сталь-3**	До 3,5	—	70–80	94–96	6,0–7,3
Перхлорат натрия $NaClO_4$	$NaClO_3$ (700), $Na_2Cr_2O_7$ (5)	PbO_2	Нержавеющая сталь	2,5	2,1	35–60	85–97	3,3–4,2
Хлорная к-та $HClO_4$	HCl (3–5), $HClO_3$ (40)	Pt	Нержавеющая сталь	2,5	8,0	–20	80–85	4,7
Пероксодисерная к-та $H_2S_2O_8$	H_2SO_4 (500–600)	Pt	Нержавеющая сталь	5–10	3,0–3,3	15–17	70–75	3,7–4,2
Пероксоборат NaH_2BO_4	Бора (40), Na_2CO_3 (130), $NaHCO_3$ (15–20)	Pt	Ni	5–6	4–6	10–12	55–60	—
Перманганат калия $KMnO_4$	K_2MnO_4 (140), $KMnO_4$ (90), K_2CO_3 (40)	Ni	Нержавеющая сталь	0,9	2,6–3,0	50–60	83	—
То же	KOH (250)	$Mn(Fe)$	Нержавеющая сталь	1,5–4,5	—	15–30	50	—
Диоксид марганца MnO_2	$MnSO_4$ (350), H_2SO_4 (200)	Pb	Pb	750	2,5–3,0	20–25	90–94	—

* Оксидный рутениево-титановый анод. ** Содержит 0,3% углерода.

Табл. 2.- ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСИНТЕЗА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Продукт	Исходное в-во	Состав электролита (концентрация, г/л)	Электроды		Условия электролиза			Выход по току, %	Тип электролизера; материал диафрагмы
			анод	катод	плотн. тока, кА/м ²	напря- жение, В	т-ра, °С		
Адиподинитрил	Акрилонитрил	Соль Макки* (350)	Pb/Ag	Pb	2,5-10,0	8-15	20-30	90-93	Фильтр-прессный; сульфированный полиэтилен
То же	Акрилонитрил	K ₂ HPO ₄ (100), [(C ₂ H ₅) ₄ N] ₂ PO ₄ (5)	Fe ₃ O ₄	Графит	0,6	3-4	8-10	85-90	Ящичный; без диа- фрагмы
Тетраэтилвинил	Этилмагнийхлорид	C ₂ H ₅ Cl (50), (C ₂ H ₅ OCH ₂ CH ₂) ₂ O (400)	Pb	Сталь-3	0,3	15-30	30-40	100	Кожухотрубный; полиэтилен
Себаценовая к-та	Монометиладипинат	CH ₃ O ₂ C(CH ₂) ₄ CO ₂ H (340), CH ₃ O ₂ C(CH ₂) ₄ CO ₂ Na (30), CH ₃ OH (62)	Ti/Pt	Сталь-3	4,0-6,0	12-18	60	75	Кожухотрубный; без диафрагмы
Салициловый альдегид	Салициловая к-та	Na ₂ SO ₄ (120), H ₃ PO ₄ (120), NaHSO ₃ (3)	Pb/Ag	Cu/Ag	1,5	13-15	15	45-55	Ящичный; пористая резина
Диацетоксигулоновая к-та	Диацетонсорбоза	NaOH (30)	Ni	Нержавеющая сталь	1,0	3-6	55-70	94	Фильтр-прессный; без диафрагмы
Глюконат кальция	Глюкоза	CaCO ₃ (50), NaBr (20)	Графит	Ni	0,5	5-8	35	80-90	Ящичный; без диа- фрагмы
n-Аминофенол	Нитробензол	H ₂ SO ₄ (300)	Pb/Ag	Монель-металл	2,0	3,8-4,6	25	73	Ящичный; керамика
Трифторуксусная к-та	Ацетилфторид	KF (50), HF (940)	Ni	Fe	4-6	0,6-0,3	5-15	85	Ящичный; без диа- фрагмы

* Метилтриэтиламмонийная соль n-толуолсульфокислоты.

Электросинтез органических веществ. В орг. Э. различают процессы прямые и непрямые. В прямых процессах протекает обмен электронами между орг. в-вом и электродом с образованием промежут. ион-радикалов или своб. радикалов, к-рые вступают в разл. хим. процессы. На катоде орг. в-во присоединяет электроны, образуя анионы. Если в-во содержит кратную связь, последняя разрывается с образованием анион-радикалов. Эти частицы способны взаимодействовать с протонами, образуя продукты гидрирования, а также димеризоваться и реагировать с нуклеоф. реагентами. Практически те же типы р-ций протекают и на аноде, только первичным процессом является отдача электронов, приводящая к возникновению катионов и катион-радикалов, к-рые взаимодействуют с другим (димеризация), с р-рителем (анодное замещение) или с присутствующими в р-ре электрохимически неактивными в-вами (р-ции сочетания).

Молекулы орг. соед. во мн. случаях не обладают достаточной реакц. способностью и не вступают в р-ции на электродах. Э. с участием таких в-в проводят т. наз. непрямой электровосстановлением или электроокислением, осуществляемыми в объеме р-ра в присутствии катализаторов-переносчиков (медиаторов) – солей переходных металлов, кислород-содержащих анионов. Роль электролиза в данном случае сводится к регенерации на электродах хим. восстановителя или окислителя, к-рые превращают исходное в-во в целевой продукт.

Осн. процессы орг. Э. и их техн. характеристики представлены в табл. 2. Орг. Э. наиб. целесообразен для организации малотоннажных произ-в (фармацевтич. препаратов, душистых в-в, химикатов для фотографии и др.).

Лит.: Фиошин М. Я., Смирнова М. Г., Электросинтез окислителей и восстановителей, 2 изд., Л., 1981; Справочник по электрохимии, под ред. А. М. Сухотина, Л., 1981, с. 347-404; Томилов А. П., Смирнов В. А., Каган В. Ш., Электрохимические синтезы органических препаратов, Ростов-на-Дону, 1981; Якименко Л. М., Серышев Г. А., Электрохимический синтез неорганических соединений, М., 1984; Прикладная электрохимия, под ред. А. П. Томилова, 3 изд., М., 1984; Органическая электрохимия, пер. с англ., кн. 1-2, М., 1988.

А. П. Томилов.

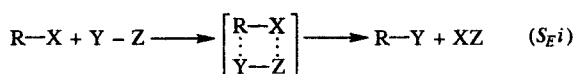
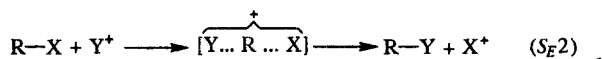
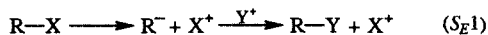
ЭЛЕКТРОФИЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ, гетеролитич. р-ции орг. соед. с электроф. реагентами (электрофилами, от греч. *ēlektron* – электрон и *philō* – люблю). К электрофилам относят ионы и молекулы, к-рые имеют достаточно низкую по энергии вакантную орбиталь (лыонсовские к-ты) – H⁺, D⁺, Li⁺, Alk⁺, AlAlk₃, Hal⁺, BF₃, SO₃H⁺, NO⁺, NO₂⁺ и др. – и при р-ции с субстратом акцептируют на нее оба связывающих электрона.

В основе Э. р. лежит π-электронодонорная способность олефинов, ацетиленов и ароматич. углеводородов по отношению к электрофилам, а также возможность передачи гетеро-

атомами и простыми связями C—C и C—H своих электронных пар.

К р-циям электроф. замещения в алифатич. ряду относятся р-ции обмена металлов (гл. обр. ртути) в металлоорг. соед. на другой металл, водород или галоген; водородно-дейтериевый обмен; р-ции изомеризации и др.

Возможны три механизма р-ций: мономолекулярный S_E1 и бимолекулярные S_E2 и S_Ei:



В этих р-циях Y⁺ – электрофил, X⁺ – электронодефицитная уходящая группа, наз. электрофугом (от лат. *fugio* – убегаю).

При мономол. процессе S_E1 происходит ионизация субстрата с образованием карбаниона (эта стадия обычно определяет скорость р-ции), а затем быстрая стадия связывания карбаниона с электрофилом. В ходе р-ции по этому механизму происходит, как правило, рацемизация, хотя в нек-рых случаях возможно сохранение или даже обращение конфигурации.

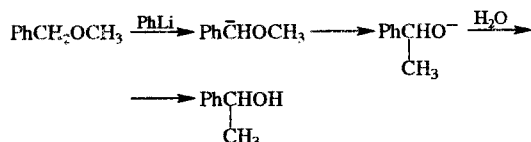
В р-циях, протекающих по механизму S_E2, возможна атака электрофила со стороны уходящей группы (при этом конфигурация субстрата сохраняется) и с противоположной стороны (конфигурация обращается). В первом случае уходящая группа может отделяться одновременно с образованием новой связи (механизм S_Ei); в этом случае также наблюдается сохранение конфигурации.

Механизм электроф. замещения зависит от природы, субстрата и р-рителя, как и в случае нуклеоф. замещения. Повышение полярности р-рителя увеличивает возможность ионизации в р-циях, протекающих по механизму S_E1, а также ускоряет р-ции типа S_E2, тогда как на р-ции типа S_Ei влияет гораздо меньше. Большое влияние оказывает природа электрофуга: в случае карбкатионных электрофугов наблюдается механизм S_E1, тогда как для металлосодержащих – S_E2 или S_Ei.

Заместители в субстрате, обладающие отрицат. индуктивным и мезомерным эффектами, ускоряют р-ции типа S_E1. Р-ции типа S_E2 также ускоряются при наличии заместителей, обладающих отрицат. индуктивным эффектом, и замедляются при наличии заместителей с положит. индуктивным эффек-

том. Так, относит. скорость изотопного замещения ртути $\text{CH}_3\text{HgX} + \text{Hg}^*\text{X}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{Hg}^*\text{X} + \text{HgX}_2$ возрастает в 8 раз при переходе от $\text{X} = \text{Br}$ к $\text{X} = \text{I}$ и в 240 000 раз при переходе от $\text{X} = \text{OCOSCH}_3$ к $\text{X} = \text{NO}_2$.

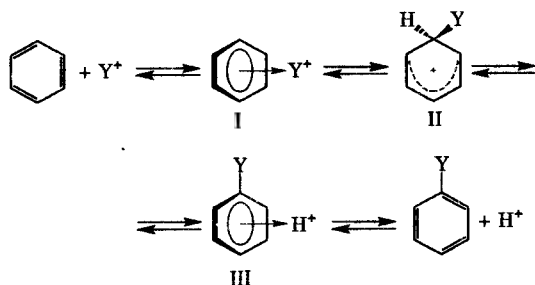
В нек-рых случаях электроф. замещение может сопровождаться перегруппировками углеродного скелета молекулы. Напр., бензиловые эфиры при действии литийорг. агентов изомеризуются в спирты (перегруппировка Виттига):



Для аммониевых солей характерна *Стивенса перегруппировка*. Описаны также электроф. перегруппировки Клайзена, Фриса и др.

Один из важнейших типов р-ций в орг. химии – электроф. замещение в ряду ароматич. соед.; последние благодаря наличию π -системы легко создают центры с повышенной электронной плотностью. К таким р-циям относятся нитрование, нитрозирование, ацилирование по Фриделю–Крафтсу и др.

В начальной стадии электрофил Y^+ образует с ароматич. субстратом промежут. комплекс (I). Обычно считают, что для ароматич. соед., активированных электронодонорными заместителями, структура (I) соответствует π -комплексу, в к-ром Y^+ расположен над плоскостью кольца (впервые концепция π -комплексов в Э. р. была выдвинута М. Дьюаром в 1946):



Образование π -комплекса, как правило, характеризуется очень высокими скоростями (до 10^{10} c^{-1}). Лимитирующая стадия – формирование циклогексациденильного катиона (II), т. наз. σ -комплекса (комплекса Уэланда, или аренииевого иона), либо, реже, распад II через промежуточный π -комплекс III (см. также рис.). Образование σ -комплексов доказано в нек-рых газозавязных р-циях электроф. замещения с помощью радиоим. методов, масс-спектрометрии и ион-циклотронного резонанса; в условиях высокого вакуума σ -комплексы м. б. достаточно устойчивыми. Из р-ров препаративно выделены соли ряда катионов II. При использовании высокореакционноспособных реагентов лимитирующей стадией может стать стадия образования π -комплекса.

В р-циях электроф. замещения монозамещенных производных бензола новая группа вступает в *орто*-, *мета*- или *пара*-положение; при этом заместители либо облегчают, либо затрудняют протекание р-ции. По правилам ориентации заместители, проявляющие положит. индуктивный эффект (+I) и положит. мезомерный эффект (+M), активируют ароматич. ядро и являются *орто*- или *пара*-ориентантами. Заместители, проявляющие -I и +M-эффекты, также *орто*- или *пара*-ориентанты; однако, в случае когда индуктивный эффект больше мезомерного (напр., у Hal), ароматич. ядро пассивируется, если же индуктивный эффект меньше мезомерного (OR , SR , NR_2 и др.), – ядро активируется. Заместители, проявляющие -I и -M-эффекты (CN , NO_2), пассивируют ядро и являются *мета*-ориентантами (см. табл.). По иной классификации *орто*- и *пара*-ориентанты относят к заместителям I рода, а

мета-ориентанты – к заместителям II рода. Причина разл. реакц. способности *орто*-, *мета*- и *пара*-положений – изменение распределения электронной плотности в кольце под влиянием заместителей.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ В АРОМАТИЧЕСКОМ ЯДРЕ В ЭЛЕКТРОФИЛЬНЫХ РЕАКЦИЯХ

Заместители	Тип электронного эффекта	Влияние на скорость реакции	Тип ориентации
Алкилы	+I, $M = 0$	Ускоряют	<i>орто</i> -, <i>пара</i> -
O^- , OR , NRR' , C_6H_5 , $\text{CH}=\text{CH}_2$	+M > -I	Ускоряют	<i>орто</i> -, <i>пара</i> -
Hal , $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{O}^+$	-I > +M	Замедляют	<i>орто</i> -, <i>пара</i> -
CH_3I , $(\text{CH}_3)_3\text{N}^+$	-I, $M = 0$	Замедляют	<i>мета</i> -, <i>пара</i> -
NO_2 , CN , CHO , COR , COOR , CONH_2	-I, -M	Замедляют	<i>мета</i> -
CH_2Cl , CH_2NO_2 , CH_2OH	+I, -I, $M = 0$	Замедляют	<i>орто</i> -, <i>мета</i> -, <i>пара</i> -

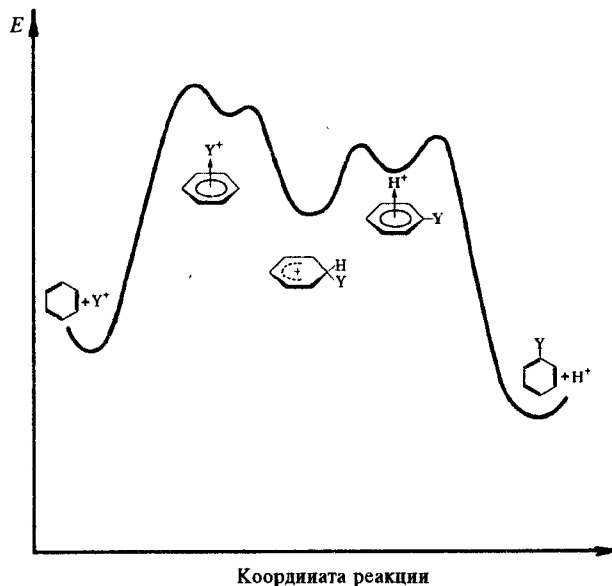
Соотношение *орто*-, *мета*- и *пара*-изомеров в продуктах р-ции зависит от природы электроф. агента. Так, при хлорировании толуола образуется до 75% *орто*-производного, а при меркурировании – до 80% *пара*-замещенного продукта.

Для количеств. характеристики ориентирующего влияния заместителей используют факторы парциальной скорости (ФПС), т. е. скорости замещения в определенное положение ароматич. ядра относительно скорости замещения в одно положение бензола. ФПС выражают через константы скорости по всем положениям для замещенного ($k_{\text{C}_6\text{H}_5\text{X}}$) и незамещенного ($k_{\text{C}_6\text{H}_6}$) продуктов и долю каждого изомера (z) в процентах:

$$f = \frac{6k_{\text{C}_6\text{H}_5\text{X}}}{y k_{\text{C}_6\text{H}_6}} \cdot \frac{z}{100},$$

где y – число эквивалентных положений (для *орто*- и *мета*-изомеров $y = 2$, для *пара*-изомера $y = 1$).

Для эксперим. определения ФПС используют конкурирующее замещение в смеси C_6H_6 и $\text{C}_6\text{H}_5\text{X}$ при действии к.-л. электрофила. Возникающая смесь продуктов анализируется с определением *орто*-, *мета*- и *пара*-замещенных типа $\text{YC}_6\text{H}_4\text{X}$, а также производного бензола YC_6H_5 .



Схематич. изображение изменения энергии системы в р-циях электроф. замещения в ароматич. ядре.

Электроф. замещение в ароматич. ряду подчиняется ур-нию Гаммета (см. *Корреляционные соотношения*). Однако последнее неприменимо для *орто*-положений, поскольку не учитывает пространств. факторы. Используя электроф. константы заместителей $\sigma_{\text{пара}}^+$ и $\sigma_{\text{мета}}^+$, можно вычислить парциальные скорости образования *пара*- и *мета*-изомеров:

$$\lg k = \rho\sigma^+ + \lg k_0,$$

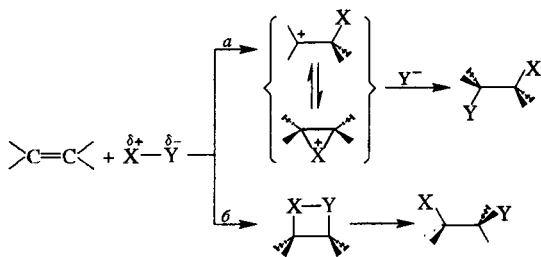
где k и k_0 – константы скорости образования *пара*(*мета*)-изомера монозамещенного бензола и незамещенного бензола соответственно.

Для характеристики селективности электрофила по отношению к субстрату используют фактор селективности (S_f), к-рый определяют по ур-нию:

$$S_f = \lg \frac{f_{\text{пара}}}{f_{\text{мета}}},$$

где $f_{\text{пара}}$ и $f_{\text{мета}}$ – ФПС для *пара*- и *мета*-замещения ароматич. соед. В р-циях галогенирования и ацилирования по Фриделю–Крафтсу проявляется высокая селективность электрофила по отношению к субстрату, протонирование и нитрование занимает промежут. положение, а алкилирование по Фриделю–Крафтсу малоселективно.

Весьма распространены р-ции электроф. присоединения к двойной и тройной связи C=C (*AdE*-реакции). Как правило, эти процессы рассматривают как двухступенчатые, на лимитирующей стадии к-рых образуется катионоидный интермедиат (ионный путь а):



В нек-рых случаях (напр., при взаимод. олефинов с BR_3 , $HNaI$ и др.) присоединение может осуществляться по мол. механизму (путь б).

Во мн. случаях р-ции *AdE* идут стереоселективно (напр., присоединение галогенов приводит к *анти*-аддуктам). Электроф. присоединение полярных молекул к алкенам и алкинам протекает по *Марковникову правилу* и *Зайцева–Вагнера правилу*.

Лит.: Реакционная способность и пути реакции, пер. с англ., М., 1977; Смит В. А., «Изв. Сиб. отд. АН СССР», сер. хим. н., 1980, в. 3, № 7, с. 128–38; Керн Ф., Сайдберг Р., Углубленный курс органической химии, пер. с англ., М., 1981; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 314–455; Минкин В. И., Симкин Б. Я., Миняев Р. М., Квантовая химия органических соединений. Механизмы реакций, М., 1986; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1987, с. 304–502; Агрономов А. Е., Избранные главы органической химии, 2 изд., М., 1990; Шабаров Ю. С., Органическая химия, т. 1–2, М., 1994. М. Е. Клецкий.

ЭЛЕКТРОФОРЁЗ, см. *Электрокинетические явления, Электромиграционные методы*.

ЭЛЕКТРОФОТОГРАФИЯ, см. *Репрография*.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА металлов от коррозии, основана на зависимости скорости коррозии от электродного потенциала металла. В общем случае эта зависимость имеет сложный характер и подробно описана в ст. *Коррозия металлов*. В принципе, металл или сплав должен эксплуатироваться в той области потенциалов, где скорость его *анодного растворения* меньше нек-рого конструктивно допустимого предела, к-рый определяют, исходя из срока службы оборудования или допустимого уровня загрязнения технол. среды продуктами коррозии. Кроме того, должна быть мала вероятность локальных коррозионных повреждений. Это т. наз. *потенциостатич. защита*.

К собственно Э. з. относят катодную защиту, при к-рой потенциал металла специально сдвигают из области активно-го растворения в более отрицат. область относительно потенциала коррозии, и анодную защиту, при к-рой электродный потенциал сдвигают в положит. область до таких значений, когда на пов-сти металла образуются пассивирующие слои (см. *Пассивность металлов*).

Катодная защита. Сдвиг потенциала металла м. б. осуществлен с помощью внеш. источника постоянного тока (станции и катодной защиты) или соединением с др. металлом, более электроотрицательным по своему электродному потенциалу (т. наз. протекторный анод). При этом пов-сть защищаемого образца (детали конструкции) становится эквипотенциальной и на всех ее участках протекают только катодные процессы, а анодные, обуславливающие коррозию, перенесены на вспомогаг. электроды. Если, однако, сдвиг потенциала в отрицат. сторону превысит определенное значение, возможна т. наз. *перезащита*, связанная с выделением водорода, изменением состава приэлектродного слоя и др. явлениями, что может привести к ускорению коррозии. Катодную защиту, как правило, совмещают с нанесением защитных покрытий; необходимо учитывать возможность отслаивания покрытий.

Катодную защиту широко применяют для защиты от *морской коррозии*. Гражданские суда защищают с помощью Al -, Mg - или Zn -протекторных анодов, к-рые размещают вдоль корпуса и вблизи винтов и рулей. Станции катодной защиты используют в тех случаях, когда требуется отключение защиты для устранения электр. поля корабля, при этом потенциал обычно контролируют по хлорсеребряным электродам сравнения (х. с. э.). Критерием достаточности защиты является значение потенциала $-0,75$ В по х. с. э. или сдвиг от потенциала коррозии, составляющий $0,3$ В (на практике обычно $0,05$ – $0,2$ В). Существуют автоматич. станции катодной защиты, расположенные на судне либо на берегу (при стоянке или ремонте). Аноды обычно изготовлены из платинированного титана, линейной или круглой формы, с околосредными непроводящими экранами для улучшения распределения потенциала и плотности тока вдоль корпуса судна. Конструкция анодов обеспечивает их защиту от мех. повреждений (напр., в ледовых условиях).

Особенно важно использование катодной защиты для стационарных нефтегазопромысловых сооружений, трубопроводов и хранилищ к ним на континентальном шельфе. Подобные сооружения не могут быть введены в сухой док для восстановления защитного покрытия, поэтому Э. з. является осн. методом предотвращения коррозии. Морская нефтепромысловая вышка, как правило, снабжена в своей подводной части протекторными анодами (на одну вышку приходится до 10 т и более протекторных сплавов).

Широко распространена катодная защита подземных сооружений. Практически все магистральные и городские трубопроводы, кабели, подземные хранилища и скважины, особенно в засоленных грунтах, снабжены устройствами для катодной защиты в сочетании с защитными покрытиями. Как правило, Э. з. осуществляется от станций катодной защиты, протекторные аноды применяют лишь при отсутствии источников тока. Потенциал сооружения контролируют по сульфатно-медным электродам сравнения; ток катодной защиты периодически регулируют, исходя из потенциала защиты в разл. точках сооружения. По мере разрушения защитного покрытия ток защиты увеличивают. Протекторные аноды м. б. изготовлены из железокремниевых сплавов или графитопластов, снабжаются околосредной засыпкой (кокс, уголь) для снижения общего сопротивления растеканию тока с анода в землю. По мере удаления анода от защищаемого сооружения увеличивают необходимое напряжение защиты (обычно до 48 В, для сильно удаленных анодов до 200 В), при этом улучшается распределение защитного тока. Для защиты разветвленных городских сетей или для совместной защиты неск. сооружений применяют глубинные аноды, расположенные под землей на глубине 50 – 150 м.

Важное значение имеет Э. з. подземных сооружений в поле блуждающих токов, осн. причина возникновения таких токов – работа электротранспорта, реже – заземление электрооборудования. Борьба с коррозией в этих условиях сводится к контролю потенциала и установке дренажных устройств, обеспечивающих электрич. соединение источников токов утечки с защищаемым сооружением. Используют автоматич. дренажные устройства с включением и выключением в соответствии со значением защитного потенциала. Такие дренажные устройства обеспечивают надежную защиту вне зависимости от изменения знака потенциала на защищаемом сооружении.

Катодную защиту стальной арматуры в железобетоне применяют для свай, фундаментов, дорожных сооружений (в т. ч. горизонтальных покрытий) и зданий. Арматура, сваренная, как правило, в единую электрич. систему, корродирует при проникновении в бетон влаги и хлоридов. Последние могут попадать в результате воздействия морской воды или использования солей-антиобледенителей дорожных сооружений, применения хлоридов для ускорения твердения бетона. Весьма эффективна санация бетона старых зданий с установкой катодной защиты. При этом устанавливают первичные аноды из кремнистого чугуна, платинированных титана или ниобия, графита, титана с металлооксидным покрытием, к-рые обеспечивают подвод тока к вторичным (распределительным) анодам (титановой сетке с металлооксидным покрытием или электропроводящим неметаллич. покрытием, титановому стержню с покрытием), расположенным вдоль всей пов-сти сооружения и закрытым сверху относительно тонким слоем бетона. Потенциал арматуры регулируют, изменяя внеш. ток.

Разрабатываются способы катодной защиты кузовов транспортной техники (автомобилей). Протекторные аноды используют для защиты отд. декоративных элементов кузова, при этом электронные устройства обеспечивают постоянный или импульсный ток; аноды, наклеиваемые на кузов, изготавливают из электропроводящего полимера (напр., графитопластика, углепластика) или нержавеющей стали. Для увеличения зоны действия защиты необходимо размещать аноды в наиб. коррозионноопасных точках или использовать электропроводящую окраску.

Анодная защита применяется в хим. и смежных с ней отраслях пром-сти в принципиально иных условиях, чем катодная защита; оба типа Э. з. в агрессивных средах дополняют друг друга. Металл конструкции или сооружения должен иметь область пассивности с достаточно низкой скоростью растворения, к-рая лимитируется не только разрушением металла, но и возможным загрязнением среды. Широко применяют анодную защиту для оборудования, работающего в серной к-те, средах на ее основе, водных р-рах аммиака и минер. удобрений, фосфорной к-те, в целлюлозно-бумажной пром-сти и ряде отд. произ-в (напр., роданида натрия). Особенно важна анодная защита теплообменного оборудования из легир. сталей в произ-ве серной к-ты; защита холодильников со стороны к-ты позволяет повысить рабочую т-ру, интенсифицировать теплообмен, повысить эксплуат. надежность. Регулирование потенциала металла осуществляют автоматич. станциями анодной защиты (регуляторами потенциала), работающими с контролем потенциала и управляющим сигналом от электрода сравнения. Вспомогат. электроды изготавливают из высоколегир. сталей, кремнистого чугуна, платинированной латуни (бронзы) или меди. Электроды сравнения – выносные и погружные, близкие по составу к анионному составу агрессивной среды (сульфатно-ртутные, сульфатно-медные и т. п.). М. б. использованы любые электроды, имеющие в данной среде к.-л. устойчивый потенциал, напр. потенциал коррозии (электроды из чистого цинка) или потенциал электрохим. р-ции (осаждения покрытия, выделения хлора или кислорода). Зона действия защитных потенциалов зависит от области оптим. запассивированности металла и изменяется от неск. В (титановые сплавы) до неск. десятков мВ (нержавеющие стали при повышенных т-рах).

Анодная защита ванн для хим. осаждения покрытий обеспечивает защиту ванны от коррозии и случайных осадений

покрытия на стенки ванны. Возможно возникновение вторичной пассивной области потенциалов, расположенных положительнее области питтингообразования, что обеспечивает анодную защиту от *питтинговой коррозии*. Для стабилизации систем защиты применяют протекторные катоды с высоким положит. потенциалом (графитопластовые электроды), поляризация создается с помощью оксидных электродов или кислородных электродов, используемых в *топливных элементах*.

В электрохим. произ-вах для защиты оборудования от токов утечки по электролиту устанавливают дополнит. электроды, устраняющие протекание тока через защищаемую пов-сть.

Лит.: Красноярский В. В., Электрохимический метод защиты металлов от коррозии, М., 1961; Фрейман Л. И., Макаров В. А., Брыксин Е. И., Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите, Л., 1972; Люблянский Е. Я., Протекторная защита морских судов и сооружений от коррозии, Л., 1979; Кузуб В. С., Анодная защита технологического оборудования, М., 1989. В. А. Макаров.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА, раздел теоретич. электрохимии, рассматривающий закономерности, к-рым подчиняется скорость *электродных процессов*. Электрич. ток, проходящий через границу электрод – ионная система, связан с протеканием электродного процесса (фарадеевский ток) и с зарядением *двойного электрического слоя* (ток зарядения). Если св-ва пов-сти электрода не изменяются во времени, протекающий через электрод ток определяется только скоростью самого электродного процесса и размерами электрода. В этих условиях плотность тока i служит мерой скорости электрохим. р-ции. Если электрод находится при равновесном потенциале E_p , ток $i = 0$. При пропускании через электрод электрич. тока потенциал электрода отклоняется от E_p на величину ΔE , к-рая называется *поляризацией* электрода. Для величины ΔE часто используют термин «перенапряжение» (обозначение η).

Поляризация электрода обусловлена конечной скоростью электродного процесса, а потому она является ф-цией плотности тока. Функциональная зависимость ΔE от i (или i от ΔE) называется *поляризационной характеристикой* электрода. Задача Э. к. заключается в установлении общих закономерностей, к-рым подчиняются поляризационные характеристики электродов, с целью регулирования скорости электродных процессов. Решение задач Э. к. имеет большое практич. значение, поскольку уменьшение поляризации ΔE при заданной плотности тока позволяет существенно повысить КПД использования электрохим. систем. Э. к. является теоретич. основой *электрохимической защиты* металлов от коррозии.

Поскольку электродные процессы являются гетерогенными и состоят из ряда последоват. стадий, общая поляризация ΔE определяется совокупностью поляризаций ΔE_j , соответствующих отд. стадиям. Стадия, дающая наиб. вклад в суммарную величину ΔE , является лимитирующей, она определяет вид поляризац. характеристики. Чтобы определить лимитирующую стадию, сравнивают закономерности исследуемого электродного процесса с закономерностями, характерными для разл. стадий. Определение лимитирующей стадии позволяет, меняя условия, изменить скорость электродного процесса в нужном направлении.

Во всех без исключения электродных процессах имеют место стадия массопереноса реагирующих в-в (к пов-сти электрода или от его пов-сти в объем) и стадия разряда – ионизации, связанная с переходом заряженных частиц через границу раздела фаз. Но если стадия массопереноса присуща любым гетерогенным процессам, то стадия разряда – ионизации является специфич. электрохим. стадией. По этой причине оформление Э. к. в самостоят. раздел теоретич. электрохимии связывают с разработкой теории замедленного разряда, описывающей кинетич. закономерности стадии разряда – ионизации (М. Фольмер, Т. Эрдей-Груз, А. Н. Фрумкин, 1930–33). Согласно этой теории, для электродного процесса типа $Ox +$

+ $ne^- \rightleftharpoons \text{Red}$ поляризац. характеристика описывается ур-нием:

$$i = i_0 [\exp \{ \alpha n F \eta / RT \} - \exp \{ -(1 - \alpha) n F \eta / RT \}],$$

где T – абс. т-ра; F – число Фарадея; R – газовая постоянная; α – коэф. переноса ($0 \leq \alpha \leq 1$); i_0 – плотн. тока обмена, к-рая обусловлена константой скорости стадии разряда – ионизации, строением двойного электр. слоя, зарядовыми числами частиц Ox и Red и их энергиями адсорбции на данном электроде. При учете стадии массопереноса ур-ние принимает вид:

$$i = \frac{\exp \{ \alpha n F \eta / RT \} - \exp \{ -(1 - \alpha) n F \eta / RT \}}{1/i_0 + [1/i_d^{\text{Ox}}] \exp \{ \alpha n F \eta / RT \} + [1/i_d^{\text{Red}}] \exp \{ -(1 - \alpha) n F \eta / RT \}},$$

где i_d^{Ox} и i_d^{Red} – т. наз. предельные диффузионные токи, характеризующие максимально возможную скорость массопереноса частиц Ox и Red (см. *Диффузионный ток*). Эта скорость зависит от коэф. диффузии частиц, геометрии электрода и условий перемешивания р-ра. В учебных пособиях по Э. к. можно найти ур-ния функциональной зависимости $i = f(\eta)$ для мн. других случаев, когда скорость электродных процессов определяется др. стадиями – хим. превращениями реагирующих в-в в объеме р-ра и на пов-сти электрода, стадиями образования и роста зародышей новой фазы, последоват. переносом неск. электронов и др.

Для изучения Э. к. используют методы, позволяющие регистрировать зависимости i от ΔE в разл. условиях (разновидности метода *полярографии*, метод вращающегося *дискового электрода* и др.), а также разл. релаксационные методы, основанные на анализе временных зависимостей i при заданном ΔE (или ΔE при заданном i). Кроме того, для изучения кинетики и механизма сложных (многостадийных) электродных процессов применяют совокупность аналит. методов, позволяющих регистрировать возникновение и изменение во времени концентраций промежут. в-в и продуктов *электролиза* (электроаналит. методы; вращающийся дисковый электрод с кольцом; ИК и УФ спектроскопия; метод изотопных индикаторов, хроматография, ЭПР и др.). Используют также метод компьютерного моделирования, позволяющий дать оптимальное описание опытных зависимостей i от ΔE путем подбора кинетич. параметров отд. стадий электродного процесса.

Лит.: Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Введение в электрохимическую кинетику, 2 изд., М., 1983. Б. Б. Дамаскин.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ, группа методов, предназначенных для придания обрабатываемой металлич. детали определенной формы, заданных размеров или св-в поверхностного слоя. Осуществляется в электролизерах (электролитич. ваннах, электрохим. ячейках спец. станков, установок), где обрабатываемая деталь является либо анодом (анодная обработка), либо катодом (катодная обработка), либо тем и другим попеременно. Осн. вид катодной Э. о. м. – гальваностегия (см. *Гальванотехника*). Анодными методами Э. о. м. являются разл. виды электрохим. травления, полирование, формообразование, размерная обработка, оксидирование и др. Во всех анодных процессах происходит либо растворение металла (локализованное в определенных местах или равномерное по всей пов-сти), либо превращение поверхностного слоя металла в оксидный или др. слой (см. *Анодное растворение*).

Электрохим. травление (ЭХТ). Термин объединяет неск. технологий, основанных на анодном растворении металла. ЭХТ применяют для очистки пов-сти всевозможных деталей, проволоки, лент, труб от разнообразных загрязнений (оксидных, жировых и др.) в качестве предварит. обработки перед нанесением покрытий, прокаткой и др. ЭХТ для очистки от загрязнений производят в р-рах к-т, обычно содержащих разл. добавки (напр., ингибитор коррозии), в щелочных р-рах или расплавах при постоянном или переменном токе. ЭХТ подвергают практически любые металлы и сплавы. ЭХТ используют для осуществления т. наз. электрохим. фрезерования с целью получения заданного «рисунка»

на пов-сти детали локальным анодным растворением металла. Места, к-рые не должны подвергаться растворению, покрывают слоем фоторезисторного материала или спец. трафаретом. Т. обр. можно производить обработку деталей типа печатных плат, перфорирование, а также травление в декоративных целях. Анодным травлением удаляют заусенцы и скругляют острые кромки.

Важная область использования ЭХТ – развитие пов-сти (увеличение уд. площади пов-сти). Наиб. широкое пром. применение имеет травление алюминиевой фольги в хлоридных р-рах для электролитич. конденсаторов; этот процесс позволяет повысить уд. пов-сть в сотни раз и увеличить уд. емкость конденсаторов, уменьшить их размеры. Развитие пов-сти методом ЭХТ применяют для улучшения адгезии металла к стеклу или керамике в электронной технике, копировального слоя к печатным формам в полиграфии, усиления сцепления покрытия с металлом при эмалировании металлич. изделий и др. Анодным травлением снимают дефектные гальванич. покрытия с деталей с тем, чтобы вернуть их в произ-во, а также при регенерации металлич. пластин офсетных биметаллич. печатных форм.

ЭХТ применяют в практич. металловедении; широко известно анодное травление металлографич. шлифов для выявления микроструктуры сплавов. При этом травление проводят в таких условиях, когда достаточно резко проявляется различие скоростей растворения разных по хим. и фазовому составу компонентов сплава. В результате избирательного ЭХТ м. б. выявлены границы фаз, сегрегация фосфора в стали, дендритная структура титановых сплавов, сетка трещин в хромовом гальванопокрытии, оценена склонность нержавеющей стали к *межкристаллитной коррозии*.

Электрохим. полирование (ЭХП) заключается в преимущественном анодном растворении выступов на шероховатой пов-сти и приводит к достижению низкой шероховатости (электрохим. сглаживание) или зеркального блеска пов-сти (глянцевание). Глянцевание улучшает декоративные св-ва изделия, придает пов-сти высокую отражат. способность. ЭХП и сглаживание пов-сти применяют для повышения эксплуатац. надежности, долговечности и др. эксплуатац. св-в деталей. Положит. влияние ЭХП на изделие объясняется неск. причинами: 1) удаление дефектного (деформированного, имеющего трещины, повышенное содержание вредных элементов) поверхностного слоя, образовавшегося при мех., термич., электр. обработке изделия; 2) уменьшение шероховатости пов-сти и сглаживание профиля пов-сти; 3) образование тонкой поверхностной оксидной пленки, предохраняющей металл от коррозионного воздействия среды.

Анодное растворение в режимах ЭХП тонкого поверхностного слоя металла, загрязненного радиоактивными в-вами, – один из осн. методов радиохим. дезактивации оборудования. При ЭХП обычно удаляют слой металла от 2,5 до 80 мкм. Конечная шероховатость пов-сти определяется исходной шероховатостью, продолжительностью ЭХП, условиями проведения процесса (т-ра, плотность тока), составом электролита (р-ры щелочей, солей, но чаще всего смеси к-т). Получению высокого качества ЭХП мешают большие размеры кристаллитных зерен, неравномерная структура, наличие неметаллич. включений (напр., карбидов), глубокие следы прокатки, окислительные загрязнения, слишком высокая начальная шероховатость пов-сти.

Анодное формообразование (ЭХФ) используют для изготовления деталей с заданными формой, размерами и качеством пов-сти. При ЭХФ деталь получают в условиях, когда форма катода-инструмента копируется на аноде-заготовке. Процесс проводят в потоке электролита (обычно р-ры солей, напр. NaNO_3) при плотностях тока в десятки А/см^2 , межэлектродном расстоянии порядка 0,1 мм. По мере растворения анода-заготовки катод с помощью спец. механизма продвигается в направлении растворения. В отличие от традиционной мех. обработки, ЭХФ характеризуется отсутствием мех. контакта между инструментом и деталью, низкими т-рой и давлением в рабочей зоне, отсутствием износа инструмента и заусенцев на обработанной детали. ЭХФ

пригодно для обработки легкодеформируемых деталей, хрупких и твердых материалов, обработки в труднодоступных местах.

Электрохим. растворением с помощью вращающегося дискового электрода или др. катода-инструмента производят разрезание заготовок из разл. металлов и сплавов, тонкостенных труб, металлич. монокристаллов, полупроводниковых материалов.

Разновидность Э.о.м. — электролитный нагрев с целью термич. или хим.-термич. обработки деталей (нагрев с последующей закалкой в электролите, науглероживание, азотирование поверхностного слоя). Этот вид обработки проводится в таком режиме, когда растворение металла крайне мало, а сильный нагрев происходит при прохождении тока через парогазовый приэлектродный слой, к-рый возникает из-за вскипания электролита около электрода при высоких значениях плотности тока и напряжения.

Электрохим. оксидирование имеет две осн. разновидности: получение барьерных тонких (толщиной до мкм) и пористых толстых (до неск. сотен мкм) анодных оксидных пленок. Барьерные пленки получают в р-рах электролитов типа H_2BO_3 , не растворяющих оксиды, обычно в два этапа. На первом этапе — в гальваностатич. условиях; при этом напряжение увеличивается во времени, а толщина оксидной пленки пропорциональна прошедшему кол-ву электричества. После достижения заданного напряжения режим изменяют на вольтостатический: ток снижается во времени, диэлектрич. св-ва оксидной пленки повышаются. Одна из наиб. важных областей применения барьерных оксидных пленок — получение диэлектрич. слоя электролитич. конденсаторов.

Пористые анодные оксидные пленки выращивают в агрессивных по отношению к оксиду электролитах, напр. в 15%-ной H_2SO_4 при постоянном напряжении. Такие пленки состоят из двух слоев: тонкого барьерного и значительно более толстого пористого. Они широко применяются в качестве декоративно-защитных покрытий. Для улучшения защитных св-в после оксидирования пористые пленки подвергают операции «наполнения» («уплотнения»), чаще всего обработкой в горячей воде. Для повышения декоративных св-в пористые пленки на алюминии окрашивают в разные цвета, подвергая обработке р-рами красителей или дополнит. электрохим. обработке переменным током в электролитах, содержащих соли Cu, Ni, Sn (см. *Крашение оксидированного алюминия*).

Новое направление Э.о.м. — микродуговое оксидирование, т.е. формирование анодной оксидной пленки в условиях протекания электрич. микроразрядов на аноде, что расширяет возможность получения оксидных покрытий с различными полезными св-вами.

Э.о.м. применяют для маркирования изделий. Нужные знаки на металлич. пов-сти получают локальным изменением цвета в результате очень неглубокого травления (или оксидирования) либо в результате рельефного травления. Получили развитие комбинир. методы обработки, в к-рых электрохим. воздействие на металл совмещено с к.-л. другим (напр., мех., эрозионным, лазерным).

Лит.: Ямпольский А.М., Травление металлов, М., 1980; Анодные оксидные покрытия на металлах и анодная защита, 2 изд., К., 1985; Штанько В.М., Животовский Э.А., Электрохимическая обработка металлопродукции, М., 1986; Грилихес С.Я., Электрохимическое и химическое полирование, Л., 1987; Дурадж В.Н., Парсаданян А.С., Нагрев металлов в электролитной плазме, Киш., 1988; Давыдов А.Д., Козак Е., Высокоскоростное электрохимическое формообразование, М., 1990.

А.Д. Давыдов.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИНФОРМАЦИИ (хемотроны), приборы и устройства автоматики, измерит. и вычислит. техники, действие к-рых основано на электрохим. процессах и явлениях. Основу действия Э.п.и. могут составлять: концентрационная поляризация электродов, электрокинетические явления, анодное растворение (или катодное электроосаждение) и др.

Рассмотрим, напр., принцип работы электрохим. датчика мех. колебаний, в основе к-рого лежит концентрационная поляризация. Датчик представляет собой электрохим. ячейку

из стекла или фторопласта, заполненную р-ром, к-рый содержит окисленную и восстановленную формы к.-л. в-ва, напр. ионы $[I_3]^-$ (комплексный ион, состоящий из молекулы I_2 и иодида) и I^- , причем концентрация восстановл. формы в 10–100 раз больше концентрации окисленной формы. Если в такую ячейку ввести два инертных электрода (напр., платиновых сетчатых), пов-сть одного из к-рых значительно меньше пов-сти другого (микроэлектрод), то величина электрич. тока через ячейку будет лимитироваться процессами массопереноса в-ва, реагирующего на микроэлектроде. Мех. колебания корпуса прибора (вдоль оси чувствительности) преобразуются в колебания электролита относительно микроэлектрода, вследствие этого ускоряются гидродинамич. перенос реагирующего в-ва к микроэлектроду и протекающая на нем р-ция. В результате дополнительно к постоянному фоновому току появляется переменная составляющая тока, к-рая и содержит информацию о внеш. мех. воздействии. Передаточные ф-ции Э.п.и., связывающие р-цию в приборе с входным сигналом, полностью определяются импедансными характеристиками, включая перекрестный импеданс (см. *Импедансный метод*).

Электрокинетич. явления использованы при создании преобразователей перепада давления, линейных и угловых ускорений. При заполнении орг. жидкостью (чаще всего ацетоном) капиллярной пористой перегородки из стекла, керамики или др. диэлектрика на пов-сти капилляров возникает *двойной электрический слой*. Диффузная часть слоя благодаря тепловому движению находится в жидкости и способна перемещаться вдоль пов-сти капилляров вместе с жидкостью. При наложении перепада давления на пористую перегородку электрич. заряд диффузной части двойного электрич. слоя в определенной степени увлекается движущейся жидкостью и ионный ток фиксируется электродами, расположенными по обе стороны пористой перегородки. Приборы, основанные на электрокинетич. явлениях, отличаются от концентрационных Э.п.и. более высоким верхним пределом частотного диапазона (500 Гц и выше), но при этом имеют и более высокое внутр. электрич. сопротивление (ок. 1 МОм).

Анодное растворение (или катодное электроосаждение) используют в ртутном кулонометре, представляющем собой прозрачный капилляр, в к-рый помещены два столбика ртути, разделенные р-ром на основе к.-л. из солей Hg(II). При прохождении электрич. тока через кулонометр на одном из ртутных столбиков (аноде) протекает ионизация ртути, а на катоде — восстановление Hg(II) до металла. В результате объем электролита между электродами (индикатор прибора) перемещается по капилляру в сторону анода на величину, пропорциональную интегралу тока по времени протекания. Ртутные кулонометры применяют в разл. устройствах: счетчиках времени наработки, счетчиках ампер-часов, времязадающих устройствах и др. Напр., разработаны ртутные кулонометры с полным зарядом 23 Кл, диапазоном рабочих т-р от -30° до 70° C и погрешности интегрирования 2%. Существует водородный кулонометр, в к-ром при пропускании тока на катоде протекает разряд ионов водорода, на аноде — ионизация мол. водорода. В результате происходит перенос газообразного водорода через пористую перегородку, пропитанную серной к-той, из «анодного» отсека электродной камеры в катодный, возникает разность давлений, к-рая перемещает индикаторную жидкость в сторону анодного отсека на величину, пропорциональную кол-ву прошедшего электричества. На основе водородного кулонометра разработан счетчик ампер-часов постоянного тока для измерения кол-ва электричества при заряде и разряде аккумуляторных батарей, к-рый имеет порог преобразования 35 000 А·ч при погрешности 4%.

Разнообразные приборы для интегрирования тока, счета импульсов, временные и времязадающие устройства созданы на основе электрохим. интеграторов с дискретным считыванием информации — т. наз. дискретных интеграторов (ДИ). В простейшем случае ДИ — это герметичная ячейка, заполненная р-ром NaCl, в к-рую помещены два серебряных электрода. Один из них (электрод-склад) предварительно покрывается

тонким слоем AgCl и подключается к отрицат. полюсу источника тока, второй (рабочий электрод) – к положит. полюсу. На рабочем электроде образуется AgCl (стадия заряда ДИ), а на электроде-складе происходит восстановление AgCl до металлич. Ag . Кол-во в-ва, образовавшегося на рабочем электроде, пропорционально интегралу тока по времени протекания. Если изменить полярность тока, проходящего через ДИ, то на рабочем электроде AgCl восстанавливается до Ag , а на электроде-складе образуется AgCl (разряд ДИ). После того как AgCl на рабочем электроде полностью восстановится, напряжение на ДИ скачкообразно поднимается до 0,7–1 В. Скачок напряжения в конце разряда используется для включения разл. исполнит. устройств, прекращающих дальнейшее протекание тока через ДИ. Если разряд ДИ проводить постоянным током, время до скачкообразного подъема напряжения пропорционально кол-ву в-ва на рабочем электроде. Следовательно, кол-во электричества, поступившего на ДИ при интегрировании, можно рассчитать по интегралу времени от включения тока до конца разряда при фиксир. токе. Полный заряд ДИ может составлять 4,5 Кл; погрешность 1%, рабочий диапазон т-р от -40° до 50°C , при габаритах: диаметр 12 мм, длина 20 мм, масса 5,3 г.

Э. п. и. применяют в качестве датчиков сейсмич. колебаний Земли, датчиков давления, градиента давления, линейных и угловых ускорений и др. мех. и акустич. величин в океанологич. исследованиях. Концентрационный электрохим. сейсмоприемник, используемый для измерения сейсмич. шумов в океане, имеет чувствительность 10 мкВ/мкм смещения грунта на частоте 0,1 Гц. Электрохим. управляемые сопротивления, оптич. модуляторы, усилители, выпрямители, реле времени, нелинейные емкости, генераторы колебаний тока и напряжения, запоминающие, интегрирующие элементы отличаются малыми габаритами, небольшой потребляемой мощностью (от 10^{-8} до 10^{-3} Вт), высокой чувствительностью, надежностью работы в диапазоне от 10^{-7} до 10 Гц, простотой схем включения, вибро- и ударостойкостью.

Лит.: Электрохимические преобразователи информации, М., 1966; Введение в молекулярную электронику, М., 1984; Дроздов Т.А., Соловьев С.Л., «Изв. АН СССР. Физика Земли», 1990, № 8, с. 10–19.

М. А. Новицкий.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ, устройства, в к-рых анализ. сигнал обеспечивается протеканием электрохим. процесса. Предназначены для качеств. и количеств. анализа хим. соед. в жидких и газообразных средах. По сравнению с обычными анализ. приборами отличаются портативностью, простотой конструкции, относительно низкой стоимостью. Э. с. составляют наиб. разработанную и широко используемую группу среди устройств, в к-рых анализ. сигнал обусловлен хим. взаимодей. в анализируемой среде (см. *Сенсоры химические*). Различают потенциометрич., амперометрич., кондуктометрич., импедансометрические Э. с. Анализ. сигналами служат, соотв.: потенциал индикаторного электрода (при нулевом токе через электрохим. ячейку); ток, протекающий через ячейку при заданном значении электродного потенциала; электропроводность р-ра электролита; электрохим. импеданс системы, представляющий собой электрич. эквивалент определенного сочетания сопротивлений и емкостей в электрохим. цепи (см. *Вольтамперометрия, Импедансный метод*).

Э. с. используют пл. обр. для определения реакционноспособных (электроактивных) в-в, способных электрохимически восстанавливаться или окисляться на индикаторном электроде миниатюрной электрохим. ячейки, к-рая генерирует анализ. сигнал. В качестве индикаторных электродов служат инертные электроды (Pt , Pd , Au , Ag), химически активные (Cu , In , Sn) или модифицированные комплексными соед., а также ионселективные электроды. Электролиты м. б. жидкими (р-ры KCl , H_2SO_4 , *буферные растворы*), твердыми (ZrO_2 , Al_2O_3 , $\text{Sb}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и др.), загущенными; применяют также *полиэлектролиты*.

В совр. Э. с. чувствит. элемент (т р а н с д у с е р) по своей сути представляет гальванич. элемент, предложенный Л. Кларком (1953), в к-ром два электрода и р-р электролита

отделены от анализируемой среды полупроницаемой мембраной. Напр., в кислородном амперометрич. сенсоре (рис. 1) внутри цилиндрич. корпуса 1 расположены индикаторный электрод 2 из платины и анод 3 из хлорида серебра (он же электрод сравнения). Электролит (водный р-р KCl) заливается в резервуар 4 и образует пленку 5 толщиной ок. 10 мкм. Полимерная мембрана 6 (полиэтилен, полипропилен, фторопласт, целлофан и др.) отделяет электролит от анализируемой среды (вода, газ), из к-рой кислород диффундирует через мембрану внутрь элемента и восстанавливается на катодно-поляризованном индикаторном электроде (р-ция $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$). Ток восстановления определяется скоростью диффузии O_2 сквозь мембрану. Скорость, в свою очередь, зависит от толщины и проницаемости мембраны. Катодная поляризация индикаторного электрода осуществляется как от постороннего источника тока, так и с помощью растворимого анода (гальванич. сенсоры). Информативным параметром является предельный диффузионный ток при постоянном потенциале индикаторного электрода. Такие Э. с. имеют, как правило, линейную зависимость электрич. сигнала от парциального давления O_2 (или др. электроактивного газа), что обеспечивает более высокую точность определения по сравнению, напр., с потенциометрич. Э. с., в к-ром информативный параметр – равновесный (или квазиравновесный) электродный потенциал – имеет логарифмич. зависимость от содержания газа. Селективность Э. с. определяется выбором подходящего материала электрода и рабочей области потенциалов. При анализе смеси газов необходимо, чтобы электрохим. р-ции посторонних компонентов либо не имели места на данном электроде, либо протекали в области более высоких потенциалов.

Э. с. позволяют проводить анализ газообразных и жидких сред, в т.ч. суспензий, на содержание O_2 , O_3 , H_2 , Cl_2 , H_2S , оксидов N , C , S , причем без всякой пробоподготовки. Возможно определение концентраций, как больших (в случае выбросов, утечек загрязняющих газов и т.д.), так и малых – при контроле ПДК. Осн. эксплуатац. характеристики Э. с.: диапазон концентраций, чувствительность, селективность, быстроедействие (время установления 90%-ного уровня сигнала), ресурс работы, отношение сигнал/шум. Диапазон концентраций H_2 и O_2 составляет от 0 до 100% по объему, Cl_2 , SO_2 , H_2S , CO – от 0,2 до 200 мг/м³ при быстроедействии от 1 до 30 с.

Отдельно выделяют Э. с. для анализа биол. сред (биосенсоры). На индикаторном электроде биосенсоров закрепляется мембрана из целлофана с иммобилизованным ферментом (глюкозооксидаза, тирозиназа, фенолоксидаза, лакказы и др.). Определяют в-ва, к-рые изменяют скорость ферментативных р-ций: субстраты, ингибиторы, сами ферменты (см. *Ферментативные методы анализа*). Биосенсоры позволяют с высокой селективностью проводить автоматизир. анализ многокомпонентных систем на глюкозу, холестерин, мочевины, мочевую к-ту, аминокислоты и др. в-ва, содержание к-рых варьирует от 0,05 мкг/мл до 1 мг/мл. Налажен пром. выпуск Э. с. для контроля содержания глюкозы в крови. Перспективна разработка иммуноэлектрохим. сенсоров, в к-рых

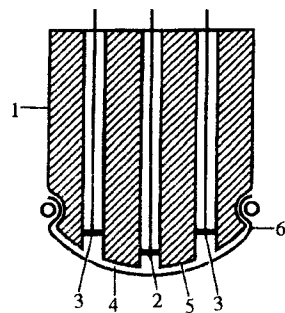


Рис. 1. Полярографический электрохимический детектор кислорода (пояснения в тексте).

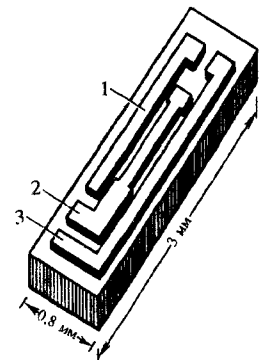


Рис. 2. Схема электрохимического сенсора, изготовленного методом фотолитографии (пояснения в тексте).

электрич. сигнал преобразуется специфич. взаимодействием антиген – антитело.

Перспективным для серийного произ-ва Э.с. считается формирование электродного узла чувствит. элемента с использованием микроэлектронных технологий. На рис. 2 показан единственный чип, полученный методом фотолитографии. На кремниевой пластине длиной 3 мм, шириной 0,8 мм и толщиной 0,38 мм размещена трехэлектродная электрохим. система: индикаторный электрод из Pt (1), вспомогат. электрод из Pt (2) и хлорсеребряный электрод сравнения (3).

Лит.: Богдановская В.А. [и др.], в кн.: Итоги науки и техники, сер. Электрохимия, т. 31, М., 1990; Тарасевич М.Р. [и др.], там же, т. 35, М., 1992. Г.В. Жумаева.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ЦЕПИ, системы из электродов, находящихся в одном и том же электролите либо в контактирующих друг с другом разл. электролитах. Иногда Э.ц. наз. гальванич. цепями. Э.ц. могут быть замкнутыми или разомкнутыми; в частности, Э.ц. наз. правильно разомкнутой, если на концах разомкнутой цепи находятся одинаковые проводники.

Последовательность соединения проводников в Э.ц. изображают схемой: $M | \text{раствор I} || \text{раствор II} | M' | M$, где М и М' – металлы, сплошные вертикальные черточки указывают границы раздела фаз, а двойная вертикальная пунктирная черта указывает на то, что диффузионный потенциал между р-рами I и II отсутствует (элиминирован) (в противном случае используют одностороннюю пунктирную черту). Отрицат. электрод располагают слева. Разность потенциалов на концах правильно разомкнутой Э.ц. наз. электродвижущей силой цепи (эдс). Э.ц. строго равновесны лишь тогда, когда они не содержат границы двух электролитов и когда эдс цепи скомпенсирована разностью потенциалов от внеш. источника тока.

Э.ц. обычно различают по наличию или отсутствию в цепи границы двух разл. р-ров – соотв. цепи с переносом и цепи без переноса. Т. наз. физ. Э.ц. составлены из химически одинаковых электродов, погруженных в один и тот же электролит, но отличаются друг от друга физ. состоянием. Источником электрич. энергии служит различие в физ. состоянии электродов, а при работе цепи электрод, находящийся в менее устойчивом состоянии, переходит в более устойчивое. Выделяют аллотропич., гравитационные и термогальванические Э.ц. В аллотропич. Э.ц. электродами служат разл. аллотропич. модификации в-ва; в результате протекания тока при замыкании цепи происходит переход менее устойчивой модификации в более устойчивую. В гравитаци. Э.ц. два жидких электрода имеют разную высоту, а электродные процессы при замыкании цепи приводят к переносу в-ва от электрода с более высоким уровнем к электроду с более низким уровнем и происходит выравнивание уровней. В термогальванич. цепях электрич. энергия возникает за счет переноса тепла от горячего электрода к холодному.

В т. наз. концентрац. Э.ц. электроды совпадают по своим физ. св-вам, хим. составу и природе протекающей на них окислит.-восстановит. р-ции, они различаются лишь термодинамич. активностями (концентрациями) окисленных и(или) восстановленных форм в-ва. Источником электрич. энергии – свободная энергия переноса в-ва от электрода, где активность этого в-ва больше. Так, в цепях из двух амальгамных электродов с разл. активностью металла в амальгаме происходит перенос металла из концентр. амальгамы в разбавленную. В концентрац. Э.ц., составленной из двух одинаковых электродов, погруженных в р-ры одинаковых электролитов разл. активности, источником эдс является работа переноса электролита из концентр. р-ра в разбавленный.

В хим. Э.ц. источником электрич. энергии является свободная энергия протекающей р-ции. Так, составив Э.ц. $M, H_2 | KOH \text{ водный} | O_2, M' | M$, можно получить электрич. энергию за счет р-ции между H_2 и O_2 с образованием H_2O . Указанная цепь составляет основу водородно-кислородных топливных элементов. Важное значение имеет хим. цепь $Pt | Cd(Hg) | CdSO_4 \text{ (насыщенный р-р)} | Hg_2SO_4, Hg | Pt$, лежа-

щая в основе стандартного элемента Вестона (см. *Нормальные элементы*). К хим. Э.ц. относятся элемент Даниэля – Якоби $Cu | Zn | ZnSO_4 | CuSO_4 | Cu$ и Лекланше элемент.

Большинство хим. Э.ц. – цепи с переносом, в к-рых р-ры (расплавы, твердые электролиты) соединены либо непосредственно, либо через солевой мостик. Комбинируя разл. окислит.-восстановит. полуреакции, можно построить большое число хим. Э.ц. Разность соответствующих стандартных потенциалов позволяет в первом приближении оценить эдс этих цепей. Точное значение эдс на концах цепи с переносом рассчитать не удается из-за невозможности точного определения диффузионного потенциала и из-за того, что в ур-нии Нернста термодинамич. активности отд. ионов заменяются ср. активностями или концентрациями этих ионов.

Э.ц. составляют основу химических источников тока. Измерения эдс соответствующим образом подобранных Э.ц. позволяют находить коэф. активности компонентов электролитов, числа переноса ионов, произведения растворимости разл. солей, оксидов, константы равновесия ионных р-ций (константы диссоциации слабых к-т и оснований, константы устойчивости растворимых комплексов, в т.ч. ступенчатые константы). Эдс хим. Э.ц. однозначно связана с изменением свободной энергии Гиббса ΔG : в ходе соответствующей хим. р-ции: $E = -\Delta G/nF$ (n – число участвующих в р-ции электронов; F – число Фарадея), поэтому измерения эдс могут использоваться для расчета ΔG , причем часто электрохим. метод определения как относительно простой и высокоточный имеет существенные преимущества перед термохим. методами. Применение ур-ния Гиббса – Гельмгольца к Э.ц. при постоянном давлении приводит к соотношению:

$$E = -\frac{\Delta H}{nF} + T \frac{dE}{dT} = -\frac{\Delta H}{nF} + T \frac{\Delta S}{nF},$$

где T – абс. т-ра, ΔH и ΔS – энтальпия и энтропия р-ции. Т. обр., температурные зависимости эдс Э.ц. позволяют найти изменения энтальпии и энтропии электрохим. системы при протекании хим. р-ции.

См. также *Электрохимическая кинетика*.

Лит.: Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Электрохимия, М., 1987; Батюцкий В.С., Основы электрохимии, М., 1988. О.А. Петрий.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ИМПЕДАНС, сопротивление электрохим. системы протекающему через нее переменному току. Если к системе приложено переменное напряжение, изменяющееся по гармонич. закону и имеющее малую амплитуду, то через систему идет ток синусоидальной формы, как правило, опережающий питающее напряжение по фазе. Электрич. импеданс системы Z представляет собой коэф. в алгебраич. ур-нии, связывающем ток и питающее напряжение; эта величина выражается комплексным числом.

Наиб. часто Э.и. системы моделируется пассивной электрич. цепью в виде последовательно соединенных сопротивления R_s и емкости C_s . Активное сопротивление отражает влияние электрич. сопротивления электролита, замедленность переноса заряда через границу электрод-р-р, замедленность диффузии электрохимически активных в-в. Емкостное сопротивление отражает емкость двойного электрич. слоя, диффузию присутствующих в р-ре ПАВ, их адсорбцию (десорбцию) на электроде. При этом

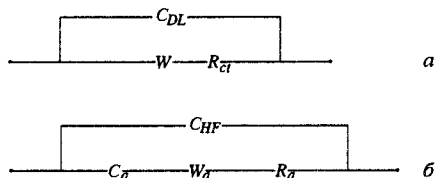
$$Z = R_s + (i\omega C_s)^{-1}$$

(ω – частота питающего напряжения; i – мнимая единица). Импеданс Z как ф-ция $i\omega$ является дифференцируемой величиной (это означает, что сопротивление электрохим. цепи R_s и ее емкость C_s связаны между собой интегральными соотношениями Крамера – Кронига).

Представление об импедансе как о коэф. связи между двумя величинами, гармонически изменяющимися во времени с частотой ω , повсеместно принято в науке и технике. Одну из изменяющихся величин условно наз. входной величиной или возмущением, другую – выходной величиной или откликом. В рамках термодинамики необратимых процессов входные величины отождествляют, как правило, с обобщенными тер-

модинамич. силами, выходные – с термодинамич. потоками и используют соотношения взаимности Онсагера. В электрохим. системах роль обобщенной силы играет потенциал электрода, роль потока – электрич. ток (т. наз. фарадеевский импеданс). Существуют и другие Э. и.: фотоэлектрохимический (входная величина – световой поток, выходная – электрич. ток), метод электроотражения (входная величина – потенциал электрода, выходная – модуляция светового потока), лазерного импульса (входная величина – теплота, выходная – кол-во электричества или потенциал электрода) и др. Многочисленные релаксационные методы объединяют термином «импедансные электрохим. спектроскопии».

Фарадеевский импеданс. Измерения Э. и. и его зависимость от частоты переменного тока позволяют исследовать разл. св-ва электрохим. ячейки. Один из способов состоит в том, что процесс в ячейке моделируют эквивалентными электрич. схемами. Напр., протекающий на электродах окислит.-восстановит. процесс в отсутствие заметной адсорбции электрохимически активных в-в моделируется т. наз. схемой Рэндлса–Эршлера (рис. а). Чисто активное сопротивление R_{ct} описывает замедленность собственно электрохим. стадии (сопротивление переноса заряда). Если n – число участвующих в электродном процессе электронов, i_{00} – ток обмена (см. *Ток обмена*), а площадь электрода равна единице, то $R_{ct} = RT/nF i_{00}$ (T – абс. т-ра; R – газовая постоянная; F – число Фарадея). Емкость двойного электрич. слоя моделируется шунтирующей емкостью C_{DL} , не зависящей от



Эквивалентные электрические схемы Рэндлса–Эршлера (а) и Фрумкина–Мелик-Гайказяна (б): C_{DL} – емкость двойного электрич. слоя; W и W_a – импедансы Варбурга; R_{ct} и R_a – чисто активные сопротивления; C_{HF} – высокочастотная емкость электрода; C_a – адсорбционная емкость.

частоты тока (до частот $\approx 10^6$ Гц). Диффузия реагирующих частиц к электроду и отвод продуктов р-ции от электрода в р-р моделируют т. наз. диффузионным импедансом, или импедансом Варбурга W – электрич. цепью со сдвигом фаз между током и напряжением в 45° . Если c_0 – концентрация электрохимически активного в-ва в р-ре, D – коэф. диффузии, а площадь электрода равна единице, то

$$W = RT/(nF)^2 c_0 \sqrt{i\omega D}.$$

В условиях присутствия в электролите ПАВ процесс в ячейке моделируется схемой Фрумкина–Мелик-Гайказяна (рис. б). Адсорбционная емкость C_a дополняет высокочастотную емкость электродного процесса C_{HF} , активное сопротивление R_a описывает замедленность собственно адсорбц. процесса, импеданс Варбурга W_a отвечает диффузии ПАВ к электроду.

Если электродный процесс осложнен предшествующей или последующей хим. р-цией в приэлектродных слоях электролита, в эквивалентных схемах появляется т. наз. импеданс Герингера. Нелинейные св-ва электрохим. системы, вызывающие появление сигналов второго порядка малости, учитываются в *фарадеевского выпрямления методе*.

Практич. измерения Э. и. осуществляют с помощью мостов переменного тока или приборов с фазочувствит. системой (см. *Импедансный метод*). Появление экспери. техники на основе корреляционных способов обработки сигнала сделало метод Э. и. одним из наиб. точных, а широкая область возможных для применения частот (от 10^{-3} до 10^5 Гц) придала ему необычайную гибкость.

Э. и. широко используют для изучения фундам. проблем электрохим. кинетики и термодинамики, для исследования процессов в *химических источниках тока* (в т. ч. в топливных

элементах), расплавах, твердых электролитах, электрохим. сенсорах, электрохим. преобразователях информации, при электродиффузионной диагностике гидродинамич. течений, в электроаналит. методах и во мн. смежных областях, включая биол. и мед. исследования.

Лит.: Дамаскин Б. Б., Принципы современных методов изучения электрохимических реакций, М., 1965; Электрохимический импеданс, М., 1991; Proceedings of the first international symposium on electrochemical impedance spectroscopy, Oxf., 1990.

Б. М. Графов.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ, термодинамич. ф-ция, характеризующая состояние к.-л. заряженного компонента системы в нек-рой фазе α при определенных внеш. условиях. По определению, Э. п. i -го компонента (n_i – его число молей) равен:

$$\bar{\mu}_i^{(\alpha)} = (i\bar{G}/n_i)_{T, p, n_j},$$

где \bar{G} – электрохим. энергия Гиббса (свободная энергия), учитывающая электрич. поле внутри фазы α ; n_i – число молей разл. компонентов j этой фазы; T – т-ра; p – давление.

Э. п. определяют также как умноженную на число Авогадро работу переноса заряженной частицы i из бесконечно удаленной точки в вакууме в данную фазу α . Формально Э. п. разбивают на два слагаемых, характеризующих хим. и электрич. составляющие такой работы:

$$\bar{\mu}_i^{(\alpha)} = \mu_i^{(\alpha)} + z_i F \phi^{(\alpha)},$$

где $\mu_i^{(\alpha)}$ – хим. потенциал частицы i в фазе α ; z_i – зарядовое число этих частиц; $\phi^{(\alpha)}$ – внутр. потенциал фазы α (см. *Межфазные скачки потенциала*); F – число Фарадея.

Э. п. входит в соотношения, выражающие условия электрохим. равновесия. Так, внутри фазы α частица i не перемещается, если $\text{grad } \bar{\mu}_i^{(\alpha)} = 0$, а на границе раздела фаз электрохим. равновесие р-ции $v_A A + v_B B + v_C C + \dots \rightleftharpoons v_L L + v_M M + v_N N + \dots$ определяется условием:

$$\sum_i v_i \bar{\mu}_i = \sum_f v_f \bar{\mu}_f,$$

где v_i и v_f – стехиометрич. коэф., индекс i указывает исходные компоненты (A, B, C, ...), а индекс f – конечные (L, M, N, ...).

Лит.: Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Электрохимия, М., 1987.

Б. Б. Дамаскин.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ, последовательность расположения электродов в порядке возрастания их стандартных электродных потенциалов (см. *Стандартный потенциал*). Металлич. электроды в водном р-ре электролита образуют след. Э. р. н.: Li, K, Rb, Ba, Sr, Ca, Na, Ce, Mg, Be, Al, Ti, Mn, V, Zn, Cr, Ga, Fe, Cd, In, Tl, Co, Ni, Sn, Pb, H₂, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, O₂, Au. Для сравнения включены водородный электрод (Pt, H₂[1 атм]|H⁺), потенциал к-рого при давлении водорода $1,01 \cdot 10^5$ Па и термодинамич. активности a ионов H⁺ в водном р-ре, равной 1, при всех т-рах принимается равным нулю (потенциалопределяющая р-ция $\text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{H}_2$, где e – электрон) и кислородный электрод (потенциалопределяющая р-ция $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$).

Э. р. н. позволяет судить о термодинамич. возможности протекания тех или иных электродных процессов. Металл с более отрицат. потенциалом может вытеснять металл с менее отрицат. потенциалом из р-ров его солей, растворяясь при этом. Металлы, имеющие отрицат. стандартный потенциал по сравнению с водородным электродом (т. наз. электроотрицат. металлы), в р-рах с не слишком большой термодинамич. активностью ионов металла имеют более отрицат. потенциал, чем водородный электрод в сильно кислых р-рах. Поэтому при замыкании такого электрода с водородным между ними протекает ток, металл растворяется, а на водородном электроде выделяется водород (см. *Анодное растворение*). Электроотрицат. металлы термодинамически неустойчивы в водных р-рах (их наз. неблагородными металлами) и осаждаются на катоде при более отрицат.

потенциале, чем потенциал выделения H_2 (см. *Электроосаждение*).

Металлы, потенциал к-рых менее положительный, чем у кислородного электрода, термодинамически неустойчивы в контакте с O_2 (или воздухом) и водой. Поэтому Э. р. н. служит для ориентировочных оценок скорости электрохим. коррозии в водных р-рах при обычных т-рах, а также для выбора безопасных контактных пар (гальванич. пар) разнородных металлов. Если металл электроотрицательнее, чем H_2 , то может идти активный коррозионный процесс (см. *Коррозия металлов*, *Коррозионностойкие материалы*, *Электрохимическая защита*). Практич. реализация электродных процессов определяется наряду с термодинамич. также и кинетич. факторами (см. *Электрохимическая кинетика*).

Положение в Э. р. н. металлов, образующих ионы разного заряда, зависит от природы соответствующих ионов. Аналогичные ряды напряжений можно построить для неметаллич. и редокс-электродов (окислит.-восстановительных).

О. А. Петрий.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ, то же, что *электро-синтез*.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ЭКВИВАЛЕНТ, количество в-ва, претерпевшего хим. превращение на электроде при пропускании единицы кол-ва электричества при условии, что все пропущенное электричество тратится только на превращение данного в-ва. Э. э. имеет размерность мг/Кл. Т. к. согласно первому закону Фарадея при электролизе масса в-ва m , участвующего в электродном процессе, пропорциональна кол-ву пропущенного электричества Q ($m = kQ$), то Э. э. численно равен коэф. пропорциональности k в ур-нии этого закона. Согласно второму закону Фарадея массы в-в, подвергавшихся электролизу одним и тем же кол-вом электричества, пропорциональны их Э. э. Электрохим. эквивалент хим. элемента м. б. получен из соотношения: $Э. э. = \Delta nA/F$, где A – ат. м. элемента; Δn – изменение его степени окисления в электрохим. р-ции; F – *Фарадея постоянная*. Э. э. соединения рассчитывают по ф-ле: $Э. э. = \Delta qM/F$, где M – мол. м. соединения; Δq – число электронов, к-рое необходимо для электрохим. превращения одной молекулы этого соединения.

О. А. Петрий.

ЭЛЕКТРОХИМИЯ, раздел физ. химии, к-рый изучает системы, содержащие ионы (р-ры, расплавы и твердые электролиты), а также процессы и явления с участием заряженных частиц (ионов и электронов), имеющие место на границе раздела двух фаз. Обычно одной из фаз является металл или полупроводник, другая фаза – р-р или расплав электролита либо твердый электролит. Для таких двухфазных систем термин «Э.» имеет более узкий смысл как наука, изучающая взаимод. зарядов металла или полупроводника с ионами и молекулами р-ра (расплава, твердого электролита). Часто это взаимод. сопровождается возникновением в цепи электрич. тока, тогда Э. можно определить как науку, изучающую физ.-хим. процессы, к-рые сопровождаются появлением электрич. тока или, наоборот, возникают под действием электрич. тока на хим. соединения. Последнее определение широко распространено, хотя и является наиб. узким.

Первые исследования взаимосвязи электрич. и хим. явлений относятся ко 2-й пол. 18 в. Однако эти исследования носили случайный характер из-за отсутствия постоянного и достаточно мощного источника электрич. энергии. Такой источник появился лишь на рубеже 18–19 вв. в результате работ Л. Гальвани и А. Вольта, с именами к-рых обычно и связывают становление Э. В дальнейшем были разработаны более совершенные хим. источники тока, получившие назв. *гальванических элементов*. С их помощью было сделано много открытий в области физики, установлен ряд осн. законов электричества и магнетизма. После изобретения динамомашин в 60-х гг. 19 в. гальванич. элементы как источники тока потеряли свое значение; новый подъем интереса к ним начался с середины 20 в. в связи с развитием полупроводниковой радиотехники, микроэлектроники, космич. техники. В настоящее время роль автономных химических источников тока вновь значительно возросла.

Осн. этапы развития Э. обусловлены решением ряда проблем, связанных с созданием хим. источников тока. Одним из первых встал вопрос о механизме возникновения электрич. движущей силы (эдс) гальванич. элемента и об источнике электрич. энергии. Согласно представлениям Вольта, эдс гальванич. элемента обусловлена контактной разностью потенциалов на границе раздела двух разл. металлов. Но поскольку при работе гальванич. элемента эта граница не претерпевает никаких изменений, теория Вольта не могла объяснить, что является источником электрич. энергии. Вольта предполагал, что гальванич. элемент представляет собой вечный двигатель (*perpetuum mobile*).

После установления закона сохранения энергии для объяснения эдс гальванич. элемента была выдвинута хим. теория. к-рая получила свое окончательное выражение в работах В. Нернста. Согласно этой теории, источником электрич. энергии в гальванич. элементе является энергия хим. р-ции, протекающей на границах раздела металлич. электрода и р-ра электролита. Термодинамич. ур-ние Гиббса – Гельмгольца позволяет связать эдс гальванич. элемента с тепловым эффектом р-ции и т-рой, а *Нернста уравнение* (1888) дает термодинамич. зависимость эдс от концентрации электролита.

Однако установление источника энергии гальванич. элемента не является еще объяснением механизма возникновения эдс. По Нернсту, разность потенциалов на границе двух разных металлов равна нулю, а эдс гальванич. цепи складывается из *межфазных скачков потенциала в двойных электрических слоях* на границах между металлич. электродом и р-ром электролита. Т. к. при *потенциале нулевого заряда* двойной электрич. слой отсутствует, из теории Нернста вытекало, что потенциалы нулевого заряда для всех металлов должны быть одинаковыми. Разработка точных методов определения потенциалов нулевого заряда позволила установить, что этот вывод теории Нернста противоречит эксперименту. Правильное решение вопроса о механизме возникновения эдс гальванич. элемента было дано лишь в 30–40-х гг. 20 в. А. Н. Фрумкиным. Согласно Фрумкину, эдс гальванич. элемента выражается через контактную разность потенциалов на границе двух разл. металлов и сумму скачков потенциала в двойных электрич. слоях на границе между электродом и р-ром электролита. По существу, теория Фрумкина является синтезом представлений Вольта и Нернста.

Другая проблема, возникающая с момента создания первого гальванич. элемента, заключается в выяснении того, какое действие оказывает прохождение электрич. тока через р-ры к-т и солей. Уже первые опыты в нач. 19 в. показали, что при пропускании электрич. тока через проводники II рода (носители заряда – ионы) происходят хим. превращения с выделением продуктов р-ции на электродах, получившие назв. *электролиза*. Электролизом было осуществлено разложение воды на водород и кислород (А. Карлейль и У. Никольсон, 1800), а электролизом слегка смоченных водой твердых гидроксидов NaOH и KOH впервые получены металлич. Na и K (Г. Дэви, 1807). В 30-х гг. 19 в. благодаря работам М. Фарадея были установлены количеств. законы электролиза (см. *Фарадея законы*).

Открытие электролиза явилось мощным стимулом практич. использования Э. В 1838, работая над усовершенствованием гальванич. элемента, Б. С. Якоби открыл способ получения металлич. изделий с рельефной пов-стью при помощи электрохим. восстановления металла из его соли на катоде. Это открытие привело впоследствии к развитию *гальванотехники*. Благодаря электролизу Э. открыла принципиально новые пути проведения хим. р-ций. После создания динамомашин и получения дешевой электроэнергии появилась возможность пром. использования электролиза. В настоящее время существует мощное электрохим. произ-во, к-рое основано на электролизе воды, водных р-ров солей и орг. в-в без выделения металлов (см. *Электросинтез*), и электрометаллургия. Путем электролиза получают H_2 , O_2 , тяжелую воду, Cl_2 и F_2 , H_2O_2 , $KMnO_4$, MnO_2 , $K_3Fe(CN)_6$, персульфаты, хлораты, перхлораты, перброматы и др. соед. металлов. Примером электросинтеза орг. соед. может служить электрохим. р-ция

Кольбе (см. *Кольбе реакции*), а также процессы электрогальванирования орг. соед. Особенно перспективен электроосинтез для получения фторорг. в-в, лек. препаратов, витаминов.

Электрометаллургия подразделяется на электроэкстракцию, электролитич. рафинирование и электролиз расплавов. Электроэкстракция, т. е. электролиз р-ра соли данного металла с целью его выделения, служит для получения чистых металлов (Cu, Zn, Cd, Co, Fe, Mn, Cr и др.). Содержание основного металла обычно составляет 99,5–99,9%. Электролитич. рафинирование (электроопрощивание) используется для очистки металлов, полученных при хим. восстановлении руд или концентратов в печах разл. конструкции. Оно включает *анодное растворение* загрязненного металла и одновременное отложение на катоде чистого, рафинированного металла. Нерастворимые в воде примеси оседают на дно электролитич. ванны в виде шлама. В пром. масштабах электролитич. рафинирование используют для очистки Cu, Ag, Au, Pb, Sn, Bi и Ni. Третья группа электрометаллургич. процессов связана с электролизом расплавл. солей. Этим методом получают Al, Mg, Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, порошки тугоплавких металлов W, Mo, V, Ti, Zr, Ta, Nb, а также чистые металлы Be, Th и U.

Изучение электролиза тесно связано с выяснением механизма *электропроводности электролитов* и расплавов. В свою очередь, механизм электропроводности опирается на теорию строения *растворов электролитов*. В 1870-х гг. использование Ф. Кольраушем постоянного и переменного тока позволило определить скорости движения отд. ионов. Было установлено, что в разб. р-рах каждый ион движется со своей скоростью, независимой от скорости другого иона, входящего в состав той же соли (см. *Кольрауша закон*). На основании теории р-ров можно было заключить, что в р-рах электролитов число частиц, находящихся в р-ре, превышает число молекул растворенного в-ва. Эти результаты легли в основу созданной С. Аррениусом (1887) теории *электролитической диссоциации*, согласно к-рой водные р-ры электролитов содержат пл. обр. свободные ионы. Существенное уточнение в теорию Аррениуса внес И. А. Каблуков, к-рый в 1891 ввел представление о *сольватации* ионов и связал, т. обр., теорию Аррениуса с хим. теорией р-ров, выдвинутой Д. И. Менделеевым в 1868. В 1920-х гг. теория Аррениуса была пересмотрена П. Дебаем и Э. Хюккелем, к-рые дополнительно учли электростатич. взаимодействие между ионами (см. *Дебай-Хюккеля теория*). На основе этой теории Л. Онсагером были развиты модельные представления об электропроводности электролитов. Совр. модельные теории строения р-ров электролитов и их электропроводности учитывают дискретный характер ионов и молекул р-рителя и используют сложный мат. аппарат хим. физики.

Углубленное изучение работы гальванич. элементов, а также электролиза поставило вопрос об определении скорости электрохим. р-ций и возможности ее регулирования путем изменения параметров состояния электрохим. системы. От решения этого вопроса существенным образом зависят затраты электр. энергии в условиях пром. электролиза. Еще в сер. 19 в. было замечено, что для проведения электролиза с достаточно большой скоростью необходимо значительно сдвигать потенциал электрода относительно его равновесного значения. Это смещение потенциала получило назв. *поляризации* электрода или перенапряжения. Вначале поляризацию объясняли исключительно замедленностью стадии массопереноса реагирующих в-в к пов-сти электрода и продуктов р-ции от пов-сти в объем р-ра. В 1905, изучая катодное выделение газообразного водорода, к-рое сопровождалось наиб. значительным перенапряжением, Ю. Тафель установил линейное соотношение между перенапряжением и логарифмом плотности тока (см. *Табеля уравнение*). Эмпирич. ф-ла Тафеля противоречила допущению о замедленности стадии массопереноса. В 1930 М. Фольмер и Т. Эрдеи-Груз выдвинули предположение о замедленности собственно электрохим. стадии разряда ионов H_3O^+ (теория замедленного разряда). Однако теория Фольмера и Эрдеи-Груза не учитывала строения границы раздела между электродом и р-ром, на к-рой обра-

зуется двойной электр. слой, оказывающий сильное влияние на кинетику электродных процессов. По этой причине теория Фольмера и Эрдеи-Груза в ряде случаев противоречила опытным данным. В 1927–34 Фрумкин удалось совместить основные положения теории замедленного разряда с теорией двойного электр. слоя; тем самым были заложены основы совр. *электрохимической кинетики*.

Кинетика электродных процессов влияет на *коррозию металлов*, поскольку большая часть коррозионных процессов имеет электрохим. природу. При коррозионном процессе на пов-сти металла одновременно и с одинаковой скоростью идут две электрохим. р-ции: анодное растворение металла и катодное выделение водорода (или восстановление кислорода). Скорость этих сопряженных р-ций и определяет скорость коррозии. Поэтому знание закономерностей, к-рым подчиняется скорость электродных процессов, позволяет разрабатывать эффективные методы борьбы с коррозией (см. *Защита от коррозии, Электрохимическая защита*).

Т. обр., историч. развитие Э. привело к след. разделам совр. теоретич. Э.: 1) учение о строении электролитов и их электропроводности; 2) учение об электрохим. равновесиях на границе между электродом и р-ром; 3) учение о скоростях электрохим. р-ций. В конце 20 в. сложился новый самостоят. раздел Э. – учение о мембранных процессах и равновесиях на границе двух ионных систем, в к-ром рассматриваются равновесные и неравновесные процессы, возникающие при разделении двух р-ров электролитов мембраной, избирательно пропускающей ионы. Развитие этого раздела обусловлено прежде всего тем, что многие физиол. явления в живых организмах (процессы превращения энергии, распространение нервных импульсов и др.) связаны с электрохим. св-вами мембранных систем. Помимо этого, развитие Э. мембран обусловлено широким использованием разл. типов мембран в электролизерах, в хим. источниках тока, а также в установках по очистке воды (см. *Мембранные процессы разделения*). Прикладная Э., опираясь на достижения теоретич. Э., разрабатывает научные основы технологии электрохим. произ-в с целью создания оптимальных условий для проведения электролиза и работы хим. источников тока.

Развитие Э. в значит. степени обусловлено достижениями электротехники, радиотехники, микроэлектроники и компьютерной техники; на базе этих отраслей разрабатывается множество методов изучения электрохим. систем. В свою очередь, Э. служит совр. приборостроению. Так, один из разделов прикладной Э. – хемотроника – связан с проблемой использования электрохим. ячеек в качестве элементов разл. электронных схем (см. *Электрохимические преобразователи информации*). Электрохим. выпрямители, усилители и стабилизаторы постоянного тока, электрохим. умножители и интеграторы могут стать важным дополнением к полупроводниковым приборам в области низких частот и слабых электр. сигналов. Электрохим. ячейки м. б. применены также для преобразования мех. воздействий в электр. импульсы (*электрохимические сенсоры*, датчики давления, индикаторы шумов, вибраций и др.).

Электрохим. методы широко используют при определении коэф. активности, тепловых эффектов хим. р-ций, для установления констант равновесия в разл. хим. системах, в аналит. химии. На электрохим. явлениях основаны кондуктометрия, потенциометрия, и амперометрия, титрование, редоксметрия и др. Важное место среди аналит. методов занимают вольтамперометрия и ее разл. варианты.

Э. тесно связана с коллоидной химией; проблемы строения двойного электр. слоя, адсорбция на заряженных межфазных границах и электрокинетич. явления представляют собой пограничную область между Э. и коллоидной химией. На границе между Э. и биологией возникла новая научная область – *биоэлектрохимия*; в отд. направлении выделяют и *фотоэлектрохимию*. Электрохим. процессы в полупроводниках обусловлены наличием двух видов подвижных носителей заряда – электронов проводимости и дырок в валентной зоне

(см. *Электрохимия полупроводников*); расплавы и р-ры на основе расплавов также представляют собой сложные электрохим. системы (см. *Электрохимия расплавов*).

Лит.: Прикладная электрохимия, 3 изд., М., 1984; Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Электрохимия, М., 1987. Б.Б. Дамаскин.

ЭЛЕКТРОХИМИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ, изучает физ.-хим. процессы на границе раздела полупроводник – электролит. Особенности электрохим. поведения полупроводников обусловлены, во-первых, низкой концентрацией подвижных зарядов – носителей тока, во-вторых, наличием двух видов носителей тока – электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне. Из-за низкой концентрации носителей тока (напр., в чистом Ge это величина порядка 10^{13} см⁻³, тогда как в металлах концентрация свободных электронов порядка 10^{21} см⁻³) полупроводниковая обкладка *двойного электрического слоя* диффузна, подобно диффузной части двойного электрич. слоя в случае металлич. электрода, погруженного в разб. р-р электролита. Вследствие этого значит. часть *межфазного скачка потенциала* локализована в полупроводнике, а дифференц. емкость полупроводникового электрода по порядку величины ниже, чем металлич. электрода. Напр., емкость электрода из Ge составляет неск. сотых мкФ/см², емкость металлич. электродов – десятки мкФ/см².

Скорость электрохим. р-ций пропорциональна концентрации подвижных зарядов на пов-сти электрода. Вследствие низкой их концентрации в полупроводнике *токи обмена* электрохим. р-ций малы, эти р-ции обычно необратимы. В р-циях участвуют как электроны проводимости (катодные процессы), так и дырки (напр., в р-циях анодного растворения), часто независимо друг от друга; возможно также участие связанных состояний электронов и дырок (экситонов). Для электрохим. кинетики характерны диффузионные ограничения, связанные с доставкой электронов проводимости (или дырок) из объема полупроводника к его пов-сти. Эти ограничения могут проявляться как появление предельных токов дырок (на анодах из полупроводников *n*-типа, напр. при анодном травлении Ge *n*-типа) или предельных токов электронов (в случае катодов *p*-типа, напр. при выделении H₂ из водных р-ров на Ge *p*-типа). Для полупроводниковых электродов характерна фоточувствительность (см. *Фотоэлектрохимия*), причем освещение ускоряет преим. анодную р-цию на полупроводнике *n*-типа и катодную – на полупроводнике *p*-типа. Возникновение неравновесных носителей тока – электронов и дырок в полупроводнике в ходе нек-рых электрохим. р-ций может сопровождаться электролюминесценцией.

Наиб. часто используемые на практике полупроводниковые электроды: Ge, Si, соед. типа A^{III}B^V (GaAs, GaP, InP), A^{IV}B^{VI} (CdS, CdSe, CdTe), диалкогениды переходных металлов (MoS₂, MoSe₂, WSe₂), оксиды металлов (Fe₂O₃, TiO₂, ZnO, WO₃), тройные соединения (CuInSe₂). Достижения Э. п. применяются в микроэлектронике (анодное травление и электрополировка полупроводников, электроосаждение полупроводников и на полупроводниках), хемотронике (см. *Электрохимические преобразователи информации*), позволяют реализовать прямое преобразование солнечной энергии в электрическую и химическую. Электрохим. закономерности зачастую определяют коррозию полупроводников, а также возможность их хим. травления, оба эти процесса применяются как методы обработки пов-сти полупроводниковых элементов.

Лит.: Плесков Ю.В., в кн.: Двойной слой и электродная кинетика, М., 1981, с. 133–73; Гуревич Ю.Я., Плесков Ю.В., Фотоэлектрохимия полупроводников, М., 1983; Плесков Ю.В., Фотоэлектрохимическое преобразование солнечной энергии, М., 1990. См. также лит. при ст. *Фотоэлектрохимия*. Ю.В. Плесков.

ЭЛЕКТРОХИМИЯ РАСПЛАВОВ, изучает физ.-хим. процессы в расплавл. электролитах. Электролитами служат соли, их смеси и р-ры ионизируемых в этих расплавах в-в, напр. оксидов. Т-ры плавления используемых электролитов обычно лежат в пределах 400–900 °С. Смеси солей применяют для снижения т-ры плавления. Обычно это расплавленные смеси галогенидов щелочных и щел.-зем. металлов (NaCl, KCl,

CaCl₂, BaCl₂ и др.), эквивалентная электрич. проводимость к-рых составляет 50–150 См·см⁻¹. Высокая электрич. проводимость λ расплавленных солей указывает на ионную природу расплава и служит мерой степени ионизации солей.

Особенность расплавленных электролитов, помимо высокой λ , – большое напряжение разложения, часто превышающее 3 В. Это позволяет при электролизе выделять из расплавленных электролитов гораздо больший круг металлов, чем из водных р-ров (напряжение разложения воды при комнатной т-ре 1,23 В) и создавать хим. источники тока с эдс до 2,5–3,5 В.

Процессы на электродах в расплавах электролитов протекают при потенциалах, близких к равновесным по отношению к приэлектродным слоям расплавов. Зависимость потенциала разложения расплава от т-ры имеет линейный характер с отрицат. наклоном.

Как и в водных р-рах, для металлов в расплавах существуют электрохим. ряды напряжений, индивидуальные для каждого расплавленного электролита. Электродные потенциалы металлов в расплавленных солях подчиняются *Нернста уравнению*. Разность потенциалов нулевого заряда металлов в расплавленных солях близка к контактной разности потенциалов (возникает между пов-стями двух металлов в вакууме при их соприкосновении) в соответствии с теорией гальванич. потенциалов Фрумкина.

Для расплавов, как и для водных р-ров электролитов, характерно образование комплексных соединений. Прочность комплексов увеличивается с увеличением заряда центрального атома, электрохим. потенциала лиганда и радиуса катиона щелочного металла в электролите-растворителе. Для расплавов характерно сосуществование неск. валентных форм ионов, равновесных с металлом. Поэтому средняя валентность ионов металла иногда выражается целым числом.

Особенность кинетики электродных процессов в расплавленных солях – высокие скорости электрохим. р-ций. Поэтому их можно считать квазиравновесными процессами. Наиб. медленной (лимитирующей) стадией электродного процесса обычно является массоперенос в-ва к электроду (диффузия или миграция). Исключением являются стадии зарождения кристаллов при электрокристаллизации и образование молекул газа из адсорбированных на электроде атомов, к-рые протекают еще медленнее (или с соизмеримыми скоростями). Напр., разряд Al в расплавленных хлоралюминатах, как показано с помощью импедансных измерений, происходит в условиях одновременного замедленного протекания разряда, кристаллизации и диффузии.

Высокая т-ра ускоряет в значит. степени диффузию в твердой фазе, что обуславливает образование диффузионных сплавов при осаждении металла на твердом электроде.

Полярографич. методы позволяют определить в ионных расплавах для многих электродных процессов коэф. диффузии, энергию активации, толщину диффузионного слоя, коэф. переноса, константы скорости р-ций, токи обмена.

Электролизом расплавленных солей получают Al, а также Mg, щелочные металлы, Ca, Zr, Th и др., рафинируют Ti, металлы платиновой группы. Разработаны методы получения покрытий из металлов, сплавов и интерметаллидов электроосаждением и бестоковым методом – переносом через солевой расплав благодаря энергии, выделяющейся при образовании сплавов, контактным восстановлением и диспропорционированием, стимулированным комплексобразованием.

Покртия, полученные из расплавленных солей, обладают высокой чистотой, пластичностью, хорошим сцеплением с основой, исключают наводороживание покрываемого изделия, что обеспечивает более высокие технол. качества, чем при получении покрытий из водных р-ров. Гальванопластикой из расплавленных солей получают фасонные полые изделия из тугоплавких металлов (Ni, Mo, Re) и металлов платиновой группы (Ir, Ru).

На основе расплавленных солей созданы высокотемпературные хим. источники тока, обладающие высокими эдс и большими разрядными токами. Высокотемпературные

топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом преобразуют при 650–700 °С хим. энергию газообразного топлива (водород, природный газ) в электроэнергию с КПД прямого преобразования до 60%. Перспективно их использование в стационарной энергетике.

Лит.: Укше Е. А., Букув Н. Г., в кн.: Итоги науки и техники. Растворы. Расплавы, т. 2, М., 1975, с. 140–71; Барабошкин А. Н., Электрокристаллизация металлов из расплавленных солей, М., 1976; Электрохимия расплавленных солей и металлов, под ред. К. П. Селезнева, Л., 1976; Делимарский Ю. К., Электрохимия ионных расплавов, М., 1978. Г. В. Жутаева.

ЭЛЕКТРОЦИКЛИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, внутримол. перicyклические реакции, при к-рых образуется новая σ -связь между концами линейных молекул или их отдельных линейных участков, представляющих собой сопряженные системы; при этом число π -связей уменьшается на единицу:

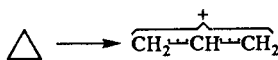


К Э. р. относят также обратный процесс раскрытия цикла с разрывом σ -связи и образованием сопряженной системы, напр.:



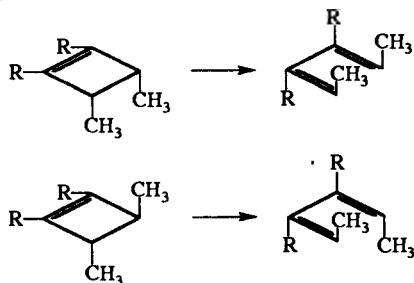
Существует два стереохимически разл. пути Э. р. — конротаторный и дисротаторный (см. Вудворда–Хоффмана правила).

Простейшая Э. р. — раскрытие циклопропанового кольца с образованием аллильного катиона (2π -электронная система), осуществляющееся в условиях сольволиза дисротаторным путем:



Если трехчленный цикл входит в бициклич. систему, то его раскрытие зависит от размера второго цикла и положения уходящей группы относительно плоскости трехчленного цикла. Для *эндо*-производных сольволиз протекает быстрее, чем для *экзо*-изомеров (в случае моноциклич. циклопропанов этот эффект выражен слабее).

Подробно изучена Э. р. превращения циклобутена в 1,3-бутадиен (4π -электронная система), проходящая в условиях термолитиза по конротаторному механизму. Р-ция высокоспецифична: из *цис*-3,4-диметилциклобутенов получают только *цис*, *транс*-диены, а из *транс*-изомеров — только *транс*, *транс*-диены:



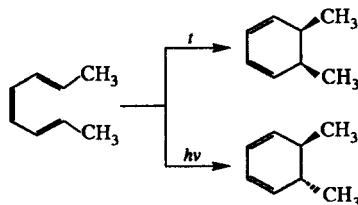
В случае бициклобутенов, в соответствии с правилами Вудворда–Хоффмана, конротаторное раскрытие колец должно приводить к стерически напряженным *цис*, *транс*-циклодиенам, содержащим *транс*-сочлененную двойную связь. Поэтому для бициклоалкенов при $n \leq 4$ предпочтителен запрещен-

ный механизм раскрытия, приводящий к *цис*, *цис*-циклодиенам.

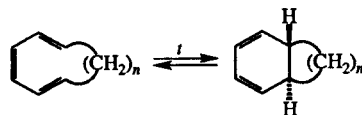
Фотохим. взаимопревращения бутадиенов и циклобутенов протекают по дисротаторному механизму.

В Э. р. участвуют другие 4π -электронные системы, напр. трехчленные циклы, содержащие гетероатом с неподеленной электронной парой; раскрытие кольца для этих систем протекает в термич. условиях по конротаторному механизму.

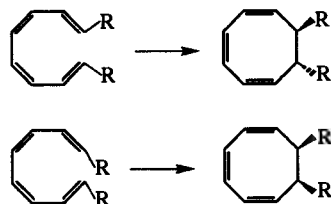
Термич. дисротаторная циклизация *транс*, *цис*, *транс*-2,4,6-октатриена (6π -электронная система) приводит почти исключительно к *цис*-5,6-диметил-1,3-циклогексадиену; фотохим. циклизация протекает конротаторно с образованием *транс*-изомера:



Циклич. триеновые системы в условиях термич. Э. р. находятся в равновесии с бициклич. продуктом, при этом чем более напряжена структура бициклич. соед. (т. е., чем меньше n), тем в большей степени равновесие смещено в сторону моноциклич. структур:



Э. р. с участием 8π -электронных систем протекают при нагр. по конротаторному механизму, напр.:



Термин Э. р. введен Р. Вудвордом и Р. Хоффманом в 1969.

Лит.: Вудворд Р., Хоффман Р., Сохранение орбитальной симметрии, пер. с англ., М., 1971; Джилкрист Т., Сторр Р., Органические реакции и орбитальная симметрия, пер. с англ., М., 1976; Пирсон Р., Правила симметрии в химических реакциях, пер. с англ., М., 1979.

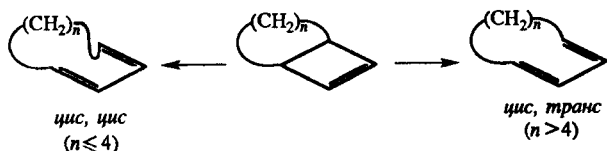
М. Е. Клецкий.

ЭЛЕКТРОЭКСТРАКЦИЯ, см. Электролиз, Электрохимия.

ЭЛЕМЕНТ 106, искусств. радиоактивный хим. элемент VI гр. периодич. системы, ат. н. 106. Стабильных нуклидов не имеет. Известно 6 изотопов с мас. ч. 259–261; 263, 265, 266. Наиб. долгоживущий нуклид $^{263}106$ ($T_{1/2}$ 21 с, α -излучатель). Конфигурация (расчетная) внеш. электронных оболочек атома $5f^{14}6d^47s^2$; степени окисления +4, +6; по оценочным данным ионный радиус 106^{4+} 0,086 нм.

В весовых кол-вах Э. 106 не получен, его св-ва не исследованы. По хим. св-вам Э. 106 (теоретич. расчеты) должен быть аналогом W и Mo. Полагают, что гексафторид Э. 106 легко летуч. Стандартный электродный потенциал $106^0/106^{4+}$ 0,6 В (по расчету).

Изотопы Э. 106 синтезируют в циклотроне при бомбардировке Pb, Cf или Sm ионами ^{54}Cr , ^{18}O или ^{22}Ne . Впервые Э. 106 был получен в СССР Г. Н. Флоровым с сотрудниками в 1974 при облучении мишени из ^{207}Pb и ^{208}Pb ускоренными ионами ^{54}Cr , практически одновременно изотоп $^{263}106$ был синтезирован в США Г. Сиборгом с сотрудниками. В 1997



ИЮПАК утвердил для Э. 106 назв. сиборгий (в честь Г. Сиборга), символ Rf.

Лит.: The chemistry of the actinide elements, ed. by J. Katz [a.o.], v. 2, L.-N. Y., 1986, p. 1108–12. Б. Ф. Мясоедов.

ЭЛЕМЕНТ 107, искусств. радиоактивный хим. элемент VII гр. периодич. системы, ат. н. 107. Стабильных нуклидов не имеет. Известно 2 изотопа с мас. ч. 261 и 262. Наиб. долгоживущий нуклид $^{261}_{107}\text{Tl}$ ($T_{1/2}$ 11,8 мкс, по др. данным $(1-2) \cdot 10^{-3}$ с). Конфигурация (расчетная) внеш. электронных оболочек атома $5f^{14}6d^5 7s^2$; степени окисления от +3 до +7; по оценочным данным ионный радиус 107^{5+} 0,083 нм.

В весовых кол-вах Э. 107 не получен, его св-ва не исследованы. По хим. св-вам Э. 107 должен быть аналогом Re (теоретич. расчеты). Полагают, что гексафторид Э. 107 летуч. Стандартный электродный потенциал для $107^0/107^{5+}$ $-0,1$ В (по расчету).

Изотопы Э. 107 синтезируют в циклотроне при бомбардировке изотопов Вi ионами ^{54}Cr . Первые опыты по получению Э. 107 были выполнены в СССР Ю. Ц. Оганесяном с сотрудниками в 1976 при облучении мишени из ^{209}Bi ускоренными ионами ^{54}Cr , было зарегистрировано образование дочернего продукта распада Э. 107 – нуклида 105 с мас. ч. 257 или 258. Первые надежные сведения о ядерных св-вах $^{262}_{107}\text{Tl}$ и $^{261}_{107}\text{Tl}$ получены в ФРГ соотв. в 1981 и 1989. В 1997 ИЮПАК утвердил для Э. 107 назв. борий (в честь Н. Бора), символ Bh.

Лит. см. при ст. Элемент 106.

Б. Ф. Мясоедов.

ЭЛЕМЕНТ 108, искусств. радиоактивный хим. элемент VIII гр. периодич. системы, ат. н. 108. Стабильных нуклидов не имеет. Известно два нуклида: $^{264}_{108}\text{Hs}$ и $^{265}_{108}\text{Hs}$ ($T_{1/2}$ 2 мс, α -излучатель). Конфигурация (расчетная) внеш. электронных оболочек атома $5f^{14}6d^6 7s^2$; степени окисления от +2 до +8; по оценочным данным ионный радиус 108^{5+} 0,083 нм.

В весовых кол-вах Э. 108 не получен. По хим. св-вам он должен быть аналогом Os. Первые опыты по получению Э. 108 выполнены в СССР в 1983–84. При облучении мишени из Вi и Рb ускоренными ионами ^{55}Mn и ^{58}Fe наблюдались продукты распада Э. 108 с мас. ч. 264 или 265. Надежные данные о ядерных св-вах $^{265}_{108}\text{Hs}$ получены в ФРГ в 1984 и 1987 при облучении мишени из ^{208}Pb ускоренными ионами ^{58}Fe . Зарегистрировано 3 атома Э. 108; идентифицирован по продуктам распада – $^{261}_{106}\text{Lr}$ и $^{257}_{104}\text{Lr}$. В 1997 ИЮПАК утвердил для Э. 108 назв. хассий (по земле Гессен, Германия), символ Hs.

Лит. см. при ст. Элемент 106.

Б. Ф. Мясоедов.

ЭЛЕМЕНТ 109, искусств. радиоактивный хим. элемент VIII гр. периодич. системы, ат. н. 109. Стабильных нуклидов не имеет. Известен один нуклид $^{266}_{109}\text{Mt}$ ($T_{1/2}$ 3,5 мс, α -излучатель). Конфигурация (расчетная) внеш. электронных оболочек атома $5f^{14}6d^7 7s^2$; степени окисления +1, +3, +7 и, возможно, др.; по оценочным данным ионный радиус 109^{3+} 0,083 нм.

В весовых кол-вах Э. 109 не получен. По хим. св-вам должен быть аналогом Ir. Впервые нуклид $^{266}_{109}\text{Mt}$ был получен в ФРГ в 1982 и подтвержден в 1984. При облучении мишени из ^{209}Bi ускоренными ионами ^{58}Fe было зарегистрировано в двух сериях опытов 3 атома Э. 109; идентифицирован по продукту распада – элементу $^{262}_{107}\text{Tl}$. В 1994 ИЮПАК утвердил для Э. 109 назв. мейтнерий (в честь Л. Мейтнер), символ Mt.

Лит. см. при ст. Элемент 106.

Б. Ф. Мясоедов.

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ, в узком смысле – частицы, к-рые нельзя считать состоящими из других частиц. В совр. физике термин «Э. ч.» используют в более широком смысле: так наз. мельчайшие частицы материи, подчиненные условию, что они не являются атомными ядрами и атомами (исключение составляет протон); иногда по этой причине Э. ч. называют субъядерными частицами. Большая часть таких частиц (а их известно более 350) являются составными системами.

Э. ч. участвуют в электромагнитном, слабом, сильным и гравитационном взаимодействиях. Из-за малых масс Э. ч. их гравитационное взаимодействие обычно не учитывается. Все Э. ч. разделяют на три осн. группы. Первую составляют т. наз.

бозоны – переносчики электрослабого взаимодействия. Сюда относится фотон, или квант электромагнитного излучения. Масса покоя фотона равна нулю, поэтому скорость распространения электромагнитных волн в вакууме (в т. ч. световых волн) представляет собой предельную скорость распространения физ. воздействия и является одной из фундам. физ. постоянных; принято, что $c = (299792458 \pm 1,2)$ м/с.

Вторая группа Э. ч. – лептоны, участвующие в электромагнитных и слабых взаимодействиях. Известно 6 лептонов: электрон, электронное нейтрино, мюон, мюонное нейтрино, тяжелый τ -лептон и соответствующее нейтрино. Электрон (символ e) считается материальным носителем наименьшей массы в природе m_e , равной $9,1 \cdot 10^{-28}$ г (в энергетич. единицах $\approx 0,511$ МэВ) и наименьшего отрицат. электр. заряда $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Мюоны (символ μ) – частицы с массой ок. 207 масс электрона (105,7 МэВ) и электр. зарядом, равным заряду электрона; тяжелый τ -лептон имеет массу ок. 1,8 ГэВ. Соответствующие этим частицам три типа нейтрино – электронное (символ ν_e), мюонное (символ ν_μ) и τ -нейтрино (символ ν_τ) – легкие (возможно, безмассовые) электрически нейтральные частицы.

Все лептоны имеют спин $1/2\hbar$ (\hbar – постоянная Планка), т. е. по статистич. св-вам являются фермионами (см. Статистическая термодинамика).

Каждому из лептонов соответствует античастица, имеющая те же значения массы, спина и др. характеристик, но отличающаяся знаком электр. заряда. Существуют позитрон (символ e^+) – античастица по отношению к электрону, положительно заряженный мюон (символ μ^+) и три типа антинейтрино (символ $\bar{\nu}_e, \bar{\nu}_\mu, \bar{\nu}_\tau$), к-рым приписывают противоположный знак особого квантового числа, наз. лептонным зарядом (см. ниже).

Третья группа Э. ч. – адроны, они участвуют в сильном, слабом и электромагнитном взаимодействиях. Адроны представляют собой «тяжелые» частицы с массой, значительно превышающей массу электрона. Это наиб. многочисленная группа Э. ч. Адроны делятся на барионы – частицы со спином $1/2\hbar$, мезоны – частицы с целочисленным спином (0 или 1); а также т. наз. резонансы – короткоживущие возбужденные состояния адронов. К барионам относят протон (символ p) – ядро атома водорода с массой, в ~ 1836 раз превышающей m_e и равной $1,672648 \cdot 10^{-24}$ г ($\approx 938,3$ МэВ), и положит. электр. зарядом, равным заряду электрона, а также нейтрон (символ n) – электрически нейтральная частица, масса к-рой немного превышает массу протона. Из протонов и нейтронов построены все ядра атомные, именно сильное взаимодействие обуславливает связь этих частиц между собой. В сильном взаимодействии протон и нейтрон имеют одинаковые св-ва и рассматриваются как два квантовых состояния одной частицы – нуклона с изотопич. спином $1/2\hbar$ (см. ниже). Барионы включают и гипероны – Э. ч. с массой больше нуклонной: Λ -гиперон имеет массу 1116 МэВ, Σ -гиперон – 1190 МэВ, Ξ -гиперон – 1320 МэВ, Ω -гиперон – 1670 МэВ. Мезоны имеют массы, промежуточные между массами протона и электрона (π -мезон, K -мезон). Существуют мезоны нейтральные и заряженные (с положит. и отрицат. элементарным электр. зарядом). Все мезоны по своим статистич. св-вам относятся к бозонам.

Основные свойства Э. ч. Каждая Э. ч. описывается набором дискретных значений физ. величин (квантовых чисел). Общие характеристики всех Э. ч. – масса, время жизни, спин, электр. заряд.

В зависимости от времени жизни Э. ч. делятся на стабильные, квазистабильные и нестабильные (резонансы). Стабильными (в пределах точности совр. измерений) являются: электрон (время жизни более $5 \cdot 10^{21}$ лет), протон (более 10^{31} лет), фотон и нейтрино. К квазистабильным относятся частицы, распадающиеся вследствие электромагнитного и слабого взаимодействия, их времена жизни более 10^{-20} с. Резонансы распадаются за счет сильного взаимодействия, их характерные времена жизни 10^{-22} – 10^{-24} с.

Внутренними характеристиками (квантовыми числами) Э. ч. являются лептонный (символ L) и барионный (символ B) заряды; эти числа считаются строго сохраняющимися величинами для всех типов фундам. взаимодей. Для лептонных нейтрино и их античастиц L имеют противоположные знаки; для барионов $B = 1$, для соответствующих античастиц $B = -1$.

Для адронов характерно наличие особых квантовых чисел: «странности», «очарования», «красоты». Обычные (нестранные) адроны — протон, нейтрон, π -мезоны. Внутри разных групп адронов имеются семейства частиц, близких по массе и со сходными св-вами по отношению к сильному взаимодей., но с разл. значениями электрич. заряда; простейший пример — протон и нейтрон. Общее квантовое число для таких Э. ч. — т. наз. изотопич. спин, принимающий, как и обычный спин, целые и полуполные значения. К особым характеристикам адронов относится и внутренняя четность, принимающая значения ± 1 .

Важное св-во Э. ч. — их способность к взаимопревращениям в результате электромагнитных или др. взаимодействий. Один из видов взаимопревращений — т. наз. рождение пары, или образование одновременно частицы и античастицы (в общем случае — образование пары Э. ч. с противоположными лептонными или барионными зарядами). Возможны процессы рождения электрон-позитронных пар e^+e^- , мюонных пар $\mu^+\mu^-$, новых тяжелых частиц при столкновениях лептонов, образование из кварков ss - и bb -состояний (см. ниже). Другой вид взаимопревращений Э. ч. — аннигиляция пары при столкновении частиц с образованием конечного числа фотонов (γ -квантов). Обычно образуются 2 фотона при нулевом суммарном спине сталкивающихся частиц и 3 фотона — при суммарном спине, равном 1 (проявление закона сохранения зарядовой четности).

При определенных условиях, в частности при невысокой скорости сталкивающихся частиц, возможно образование связанной системы — позитрония e^+e^- и мюония $\mu^+\mu^-$. Эти нестабильные системы, часто наз. водородоподобными атомами, их время жизни в в-ве в большой степени зависит от св-в в-ва, что позволяет использовать водородоподобные атомы для изучения структуры конденсир. в-ва и кинетики быстрых хим. р-ций (см. *Мезонная химия, Ядерная химия*).

Кварковая модель адронов. Детальное рассмотрение квантовых чисел адронов с целью их классификации позволило сделать вывод о том, что странные адроны и обычные адроны в совокупности образуют объединения частиц с близкими св-вами, названные унитарными мультиплетами. Числа входящих в них частиц равны 8 (октет) и 10 (декуплет). Частицы, входящие в состав унитарного мультиплета, имеют одинаковые спин и внутр. четность, но различаются значениями электрич. заряда (частицы изотопич. мультиплета) и странности. С унитарными группами связаны св-ва симметрии, их обнаружение явилось основой для вывода о существовании особых структурных единиц, из к-рых построены адроны, — кварков. Считают, что адроны представляют собой комбинации 3 фундам. частиц со спином $1/2$: u -кварков, d -кварков и s -кварков. Так, мезоны составлены из кварка и антикварка, барионы — из 3 кварков.

Допущение, что адроны составлены из 3 кварков, было сделано в 1964 (Дж. Цвейг и независимо от него М. Гелл-Ман). В дальнейшем в модель строения адронов (в частности, для того чтобы не возникало противоречия с принципом Паули) были включены еще 2 кварка — «очарованный» (c) и «красивый» (b), а также введены особые характеристики кварков — «аромат» и «цвет». Кварки, выступающие как составные части адронов, в свободном состоянии не наблюдались. Все многообразие адронов обусловлено разл. сочетаниями u -, d -, s -, c - и b -кварков, образующих связные состояния. Обычным адронам (протону, нейтрону, π -мезонам) соответствуют связные состояния, построенные из u - и d -кварков. Наличие в адроне наряду с u - и d -кварками одного s -, c - или b -кварка означает, что соответствующий адрон — «странный», «очарованный» или «красивый».

Кварковая модель строения адронов подтвердилась в результате экспериментов, проведенных в кон. 60-х — нач.

70-х гг. 20 в. Кварки фактически стали рассматриваться как новые Э. ч. — истинно Э. ч. для адронной формы материи. Ненаблюдаемость свободных кварков, по-видимому, носит принципиальный характер и дает основания предполагать, что они являются теми Э. ч., к-рые замыкают цепь структурных составляющих в-ва. Существуют теоретич. и эксперим. доводы в пользу того, что силы, действующие между кварками, не ослабевают с расстоянием, т. е. для отделения кварков друг от друга требуется бесконечно большая энергия или, иначе говоря, возникновение кварков в свободном состоянии невозможно. Это делает их совершенно новым типом структурных единиц в-ва. Возможно, что кварки выступают как последняя ступень дробления материи.

Краткие исторические сведения. Первой открытой Э. ч. был электрон — носитель отрицат. электрич. заряда в атомах (Дж. Дж. Томсон, 1897). В 1919 Э. Резерфорд обнаружил среди частиц, выбитых из атомных ядер, протоны. Нейтроны открыты в 1932 Дж. Чедвиком. В 1905 А. Эйнштейн постулировал, что электромагнитное излучение является потоком отд. квантов (фотонов) и на этой основе объяснил закономерности фотоэффекта. Существование нейтрино как особой Э. ч. впервые предложил В. Паули (1930); экспериментально электронное нейтрино открыто в 1953 (Ф. Райнес, К. Коуэн).

При исследовании космич. лучей были обнаружены: позитрон (К. Андерсон, 1932), мюоны обоих знаков электрич. заряда (К. Андерсон и С. Недермейер, 1936), π - и K -мезоны (группа С. Пауэлла, 1947; существование подобных частиц было предположено Х. Юкавой в 1935). В кон. 40-х — нач. 50-х гг. были обнаружены «странные» частицы. Первые частицы этой группы — K^+ - и K^- -мезоны, Λ -гипероны — были зафиксированы также в космич. лучах.

С нач. 50-х гг. ускорители превратились в осн. инструмент исследования Э. ч. Были открыты антипротон (1955), анти-нейтрон (1956), анти- Σ -гиперон (1960), а в 1964 — самый тяжелый Ω -гиперон. В 1960-х гг. на ускорителях обнаружили большое число крайне неустойчивых резонансов. В 1962 выяснилось, что существуют два разных нейтрино: электронное и мюонное. В 1974 обнаружены массивные (в 3–4 протонные массы) и в то же время относительно устойчивые (по сравнению с обычными резонансами) частицы, к-рые оказались тесно связанными с новым семейством Э. ч. — «очарованных», их первые представители открыты в 1976. В 1975 обнаружен тяжелый аналог электрона и мюона — t -лептон, в 1977 — частицы с массой порядка десяти протонных масс, в 1981 — «красивые» частицы. В 1983 открыты самые тяжелые из известных Э. ч. — бозоны W^+ (масса ≈ 80 ГэВ) и Z^0 (≈ 91 ГэВ).

Т. обр., за годы, прошедшие после открытия электрона, выявлено огромное число разнообразных микрочастиц. Мир Э. ч. оказался сложно устроенным, а их св-ва во многих отношениях неожиданными.

Лит.: Коккедэ Я., Теория кварков, [пер. с англ.], М., 1971; Марков М. А., О природе материи, М., 1976; Окунов Л. Б., Лептоны и кварки, 2 изд., М., 1990.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ, качественное обнаружение и количеств. определение элементного состава объектов материального мира. Имеет важнейшее значение в истории и развитии *аналитической химии*. И сейчас Э. а. занимает важное место среди др. видов анализа.

На первом этапе развития Э. а. для установления качественного элементного состава привлекали р-римость пробы в инертных и химически активных р-рителях, выделение газа, устойчивость при нагревании, изменение цвета, фазового состояния, окрашивание пламени, образование характерных кристаллов и др. Сейчас главенствующее место занимают инструментальные методы — *физико-химические методы анализа* и *физические методы анализа*.

Количеств. Э. а. основан на измерении к.-л. физ. св-ва изучаемой пробы или продукта ее преобразования в зависимости от содержания определяемого элемента: интенсивности

характерных спектральных линий, значения к.-л. ядерно-физ. или электрохим. характеристики и т. п. Первыми методами количественного Э. а. были *гравиметрия* и *титриметрия*, к-рые и сейчас по точностным характеристикам часто превосходят инструментальные методы. По точности с ними успешно конкурируют только *кулонометрия* и *электрогравиметрия*.

Среди инструментальных методов анализа широко распространены атомно-эмиссионная (в т. ч. с индуктивно связанной плазмой) и атомно-абсорбционная спектрометрия, спектрофотометрия и люминесцентный анализ, электрохим. методы (полярография, потенциометрия, вольтамперометрия и др.), масс-спектрометрия (искровая, лазерная, с индуктивно связанной плазмой и др.), разл. варианты активационного анализа, методы локального анализа и методы анализа пов-сти (электроннозондовый и ионнозондовый микроанализ, оже-электронная спектроскопия и т. п.) и др.

При выборе метода и методики анализа учитывают требования к точности определения, пределу обнаружения элементов, чувствительности определения, селективности и специфичности, а также стоимость анализа, квалификацию персонала и наличие необходимого оборудования.

При определении следов элементов нередко прибегают к их предварит. *концентрированию*. Помехи, связанные с матричным составом и взаимным влиянием аналит. сигналов элементов друг на друга, уменьшают, прибегая к разделению, хотя в отдельных случаях помехи м. б. уменьшены благодаря рациональному выбору условий инструментального анализа и создания необходимого программно-мат. обеспечения. См. также *Органических веществ анализ*.

Э. а. важен в эколого-аналит. и санитарно-эпидемиологич. контроле, анализе продуктов питания и кормов, металлов и сплавов, неорг. материалов, особо чистых в-в, полимерных материалов, полупроводников, нефтепродуктов и др., в научных исследованиях.

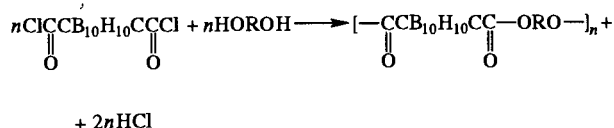
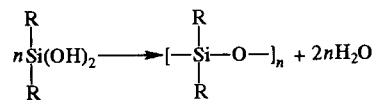
Лит.: Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г., Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии, пер. с англ., кн. 1-2, М., 1978; Методы количественного органического элементного микроанализа, под ред. Н. Э. Гельман, М., 1987. Н. М. Кузьмин.

ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ, содержат в звене макромолекулы наряду с углеводородными группами неорг. фрагменты. В зависимости от хим. состава цепей макромолекул различают 3 группы Э. п.: 1) с неорг. основными цепями, обрамленными орг. группами, напр. полиалкоксифосфазены $[-P(OR)_2-N-]_n$; 2) с основными цепями, содержащими чередующиеся атомы углерода и др. элементов, напр. поликарбосиланы $[-Si(R)_2-CH_2-]_n$; 3) с орг. основными цепями, обрамленными элементоорг. группами, напр. поли-1-триалкилсилилэтилены $[-CH_2-CH-]_n$.



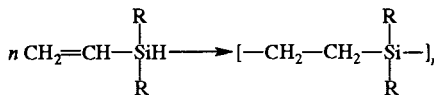
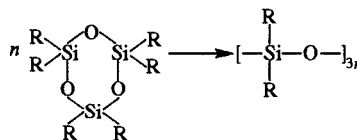
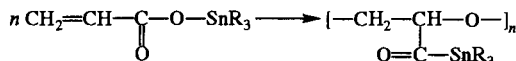
Для синтеза Э. п. могут быть использованы след. р-ции:

1. Поликонденсация соед., имеющих две (или более) одинаковые или разные функц. группы, напр.:

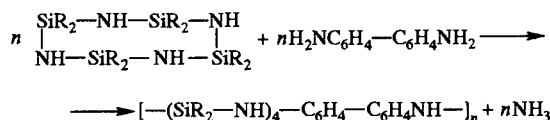


2. Полимеризация соед., имеющих двойные связи, или гетероцикл. соед., а также миграционная полимеризация гидридов разл. элементов, напр.:

933

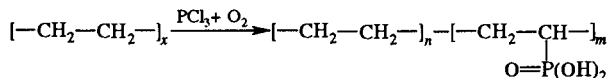


3. Совмещенные полимеризационно-поликонденсационные р-ции, напр.:



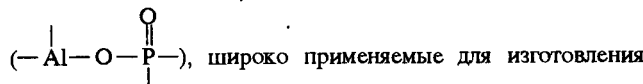
В данном случае р-ция идет не только с раскрытием силанового цикла (полимеризация), но и с выделением аммиака (поликонденсация).

4. Полимераналогичные превращения, напр.:



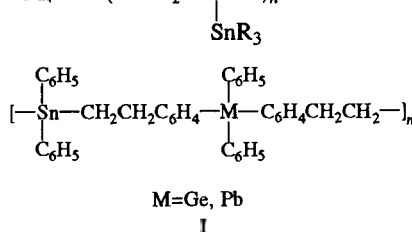
Известны полимеры элементов всех групп периодической системы. Наиб. многочисленны по числу представителей и наиб. существенны по практич. значению полимеры Si (см. *Кремнийорганические полимеры*), В (см. *Борорганические полимеры*) и Р (см. *Фосфорорганические полимеры*, *Полифосфазены*).

Хорошо изучены полимеры Al и Sn, а также *координационные полимеры*. Из полимеров Al наиб. значение имеют полиорганолоксоалюмосаны, содержащие в главной цепи группу $(-Al-O-Al-)$, полиалюмоорганосилоксаны $(-Al-O-Si-)$ и полиалюмоорганофосфинаты



лаков, образующих термостойкие (до 600 °С) покрытия.

Среди полимеров Sn изучены полидиалкил(арил)станилены $(-SnR_2-)_n$, полиорганостанноксаны $(-SnR_2-O-)_n$, полимеры, в основной цепи к-рых кроме атомов Sn присутствуют атомы Ge и Pb (ф-ла I), а также полимеры с атомами Sn в боковых цепях $(-CH_2-CR-)_n$.



Эти Э. п. применяют гл. обр. в качестве стабилизаторов полимеров разл. классов; т. к. они обладают антигрибковой и антимикробной активностью, их используют также в качестве

934

компонентов красок, образующих спец. (т. наз. необрастающие) лакокрасочные покрытия.

В состав разл. координационных полимеров входят Fe, Co, Ni, Cu, Be, Mn и Zn; их св-ва определяются хим. природой лиганда и металла. В отличие от большинства неплавких и нерастворимых координационных полимеров полимерные комплексы, содержащие металлкарбонильные фрагменты в полимерной цепи, раств. в орг. р-рителях и способны образовывать прочные пленки и покрытия с высокой адгезией к стеклу и металлам. Термич. обработка таких пленок приводит к их структурированию и упрочнению.

Э. п. обладают широким спектром специфич. св-в; среди них имеются термостойкие полимеры, полимеры с высокой электропроводностью и полупроводниковыми св-вами, в-ва с высокой твердостью и эластичностью, биологические активные полимеры и др.

Лит.: Энциклопедия полимеров, т. 1, М., 1972, с. 103; т. 2, М., 1974, с. 477; т. 3, М., 1977, с. 960; Успехи в области синтеза элементоорганических полимеров, под ред. В. В. Коршака, М., 1988. Н. И. Бекасова.

ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, содержат хим. связь углерод-элемент. К Э. с., как правило, не относятся орг. соед. с простыми или кратными связями C—N, C—O, C—S и C—Hal. Реакц. способность Э. с. определяется прежде всего характером связи углерод-элемент, ее прочностью, полярностью и т. п. Осн. группа Э. с. — *металлоорганические соединения*. Особое место среди них занимают π -комплексы переходных металлов с ненасыщ. орг. лигандами. В таких соед. присутствуют делокализованные ковалентные связи металл-лиганд, в образовании к-рых участвуют целиком или частично заполненные *d*-орбитали металла. В Э. с. других элементов, включая большинство Э. с. непериодич. металлов, а также нек-рые соед. переходных металлов, как правило, существуют σ -связи углерод-элемент разл. полярности.

Химия Э. с. возникла и развивается на стыке орг. и неорг. химии и связывает эти две области химии. Э. с. встречаются в природе крайне редко; большинство из них синтезировано в лаб. условиях.

См. *Аллильные комплексы переходных металлов, Аллюминийорганические соединения, Борорганические соединения, Кремнийорганические соединения* и др. Л. В. Рыбин.

ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКИЕ, совокупность атомов с определенным зарядом ядра *Z*. Д. И. Менделеев определял Э. х. так: «материальные части простых или сложных тел, к-рые придают им известную совокупность физ. и хим. св-в». Взаимосвязи Э. х. отражает *периодическая система химических элементов*. Порядковый (атомный) номер элемента в ней равен заряду ядра, к-рый в свою очередь численно равен числу содержащихся в ядре протонов. Для каждого Э. х. известны разновидности атомов — *изотопы* (существующие в природе и полученные искусственно путем ядерного синтеза), различающиеся числом нейтронов в ядрах. Совокупность атомов, характеризующаяся определенной комбинацией протонов и нейтронов в ядре, наз. *нуклидом*. *Атомная масса* Э. х. рассчитывается, исходя из значений масс всех его природных изотопов с учетом их относит. распространенности, и выражается в атомных единицах массы, за к-рую принята $1/12$ массы атома углерода ^{12}C . Атомная единица массы равна $1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг. Суммарное число протонов и нейтронов в ядре равно массовому числу *A*.

В природе существуют элементы с порядковым номером (число протонов) *Z* = 1–92, кроме технеция (*Z* = 43) и прометия (*Z* = 61), к-рые получают посредством ядерных р-ций. Элементы с *Z* = 85 (астат) и с *Z* = 87 (франций) встречаются в ничтожно малых кол-вах как члены природных радиоактивных рядов урана и тория. Все известные трансурановые элементы (*Z* = 93–109) получены искусственно.

Формы существования Э. х. в свободном виде являются простые в-ва, к-рые подразделяют на металлы и неметаллы. Характерные особенности металлов: высокие электр. проводимость и теплопроводность, обусловленные наличием свободных, не связанных с определенными атомами электронов; способность образовывать положительно заряженные ионы

при хим. взаимодействиях. Граница между металлами и неметаллами довольно расплывчата.

Многие Э. х. существуют в виде неск. простых в-в, к-рые могут отличаться числом атомов в молекулах (напр., кислород O_2 и озон O_3), типом кристаллич. решетки (напр., модификации углерода — графит, алмаз, карбин) или др. св-вами. Это явление наз. *аллотропией*, в случае углерода аллотропия — разновидность *полиморфизма*. Число известных ныне простых в-в превышает 500. Поскольку определяющим признаком Э. х. служит заряд ядра, то в хим. р-циях элемент сохраняет свою индивидуальность; происходит лишь перераспределение электронов внешних электронных оболочек атомов, тогда как атомные ядра остаются неизменными. Каждый Э. х. характеризуется степенями окисления, к-рые могут проявлять атомы данного элемента в хим. соединениях.

В зависимости от положения в периодич. системе Э. х. подразделяют на *s*-, *p*-, *d*- и *f*-элементы. К *s*-элементам относят H, He, а также металлы главных подгрупп I и II групп периодич. системы, к *p*-элементам — элементы главных подгрупп III–VIII групп, к *d*-элементам — металлы побочных подгрупп I–VIII групп (кроме лантаноидов и актиноидов, принадлежащих к *f*-элементам); *s*- и *p*-элементы наз. *непереходными*, *d*- и *f*-элементы — *переходными*. Э. х., все изотопы к-рых радиоактивны, наз. *радиоактивными*.

Все Э. х. образовались в результате многообразных сложных процессов ядерного синтеза в звездах и космич. пространстве. Эти процессы описываются разл. теориями происхождения Э. х., к-рые объясняют особенности распространенности Э. х. в космосе. Наиб. распространены в космосе водород и гелий, а в целом распространенность элементов уменьшается по мере роста *Z*. Такая же тенденция сохраняется и для распространенности Э. х. на Земле, однако на Земле наиб. распространен кислород (47% от массы земной коры), далее следуют кремний (27,6%), алюминий (8,8%), железо (4,65%). Эти элементы вместе с кальцием, натрием, калием и магнием составляют более 99% массы земной коры, так что на долю остальных Э. х. приходится менее 1% (см. *Кларки химических элементов*). Практич. доступность Э. х. определяется не только величиной их распространенности, но и способностью концентрироваться в ходе геохим. процессов. Нек-рые Э. х. не образуют собств. минералов, а присутствуют в виде примесей в минералах других. Они наз. *рассеянными* (рубий, галлий, гафний и др.). Э. х., содержащиеся в земной коре менее 10^{-2} – $10^{-3}\%$, объединяются понятием «редких» (см. *Редкие элементы*).

Благородные газы встречаются в природе исключительно в виде простых в-в, нек-рые элементы — в виде простых в-в и соединений, но большинство — только в форме соединений. Большая часть простых в-в при нормальных условиях — твердые; бром и ртуть — жидкости; водород, азот, кислород, благородные газы, фтор и хлор — газы.

В разл. историч. эпохи в понятие «элемент» вкладывался разный смысл. Представление о том, что все Э. х. имеют материальный характер, а их число м. б. велико, высказал в 1661 Р. Бойль; он же предложил первое определение элемента как в-ва, неразложимого на составные части. В 1789 А. Лавуазье охарактеризовал элементы как предел разлагаемости в-в и составил первый список Э. х. — «Таблицу простых тел». В 1803–04 Дж. Дальтон ввел понятие атомного веса (массы) и опубликовал первую таблицу атомных весов Э. х. В 1870-х гг. Д. И. Менделеев четко разделил понятия элемента и простого в-ва.

Открытие существующих в природе Э. х. происходило на протяжении длит. времени (табл.). Хронологич. последовательность открытий определялась специфич. св-вами Э. х. и разработкой новых методов хим. анализа. Еще в древности стали известны золото, серебро, ртуть, железо, олово, свинец, сера, углерод. Они легко извлекаются из содержащих их соединений или встречаются в самородном виде. В средние века, в период господства алхимии, были открыты и изучены мышьяк, сурьма, висмут, цинк, а в 1669 — фосфор (причем фосфор — первый элемент, открытие к-рого м. б. датировано). Масовое и в значит. степени осознанное открытие Э. х.

началось в сер. 18 в., чему способствовало развитие пневматич. химии (изучение св-в газов) и в особенности — хим. анализа минералов. Итогом явилось обнаружение водорода, кислорода, азота, хлора, а также более 20 металлов. Электрохим. метод позволил в свободном виде получить натрий, калий, магний и кальций. Спектральный анализ, введенный в хим. практику Р. Бунзеном и Г. Кирхгофом в 1859–60, способствовал открытию рубидия, цезия, таллия, индия, галлия и благородных газов, а также неск. РЗЭ. С помощью радиометрич. метода были открыты полоний, радий, актиний, радон и протактиний. В 1920-х гг. благодаря рентгеновскому анализу были найдены гафний, рений. Синтез искусственных Э. х. осуществлялся с кон. 30-х гг.

ХРОНОЛОГИЯ ОТКРЫТИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, СУЩЕСТВУЮЩИХ НА ЗЕМЛЕ

Азот	1772	Д. Резерфорд
Актиний	1899	А. Дебьерн
Алюминий	1825	Х. Эрстед
Аргон	1894	У. Рамзай, Дж. Рэлей
Барий	1774	К. Шееле, Ю. Ган
Бериллий	1798	Л. Воклен
Бор	1808	Ж. Гей-Люссак, Л. Тенар
Бром	1826	А. Балар
Ванадий	1830	Н. Сефстрём
Висмут	Получен в средние века	
Водород	1766	Г. Кавендиш
Вольфрам	1781	К. Шееле
Гадолиний	1886	П. Лекок де Буабодран
Галлий	1875	П. Лекок де Буабодран
Гафний	1923	Д. Костер, Д. Хевеши
Гелий	1895	У. Рамзай, У. Крукс
Германий	1886	К. Винклер
Гольмий	1879	П. Клеве
Диспрозий	1886	П. Лекок де Буабодран
Европий	1901	Э. Демарсе
Железо	Известно с древности	
Золото	Известно с древности	
Индий	1863	Ф. Рейх, Т. Рихтер
Иод	1811	Б. Куртуа
Иридий	1804	С. Тениант
Иттербий	1878	Ж. Мариньяк
Иттрий	1794	Ю. Гадолин
Кадмий	1817	Ф. Штрёмeyer
Калий	1807	Г. Дэви
Кальций	1808	Г. Дэви
Кислород	1774	Дж. Пристли, К. Шееле
Кобальт	1735	Г. Брандт
Кремний	1823	Й. Берцелиус
Криптон	1898	У. Рамзай, М. Траверс
Ксенон	1898	У. Рамзай, М. Траверс
Лантан	1839	К. Мосандер
Литий	1817	Ю. Арфведсон
Лютеций	1907	Ж. Урбен
Магний	1808	Г. Дэви
Марганец	1774	К. Шееле, Ю. Ган
Медь	Известна с древности	
Молибден	1778	К. Шееле
Мышьяк	Получен в средние века	
Натрий	1807	Г. Дэви
Неодим	1885	К. Ауэр фон Вельсбах
Неон	1898	У. Рамзай, М. Траверс
Никель	1751	А. Кронстедт
Ниобий	1801	Ч. Хатчет
Олово	Известно с древности	
Осмий	1804	С. Тениант
Палладий	1803	У. Воластон
Платина	1748	А. де Уллоа
Полоний	1898	П. Кюри, М. Склодовская-Кюри
Прозеридий	1885	К. Ауэр фон Вельсбах
Протактиний	1918	О. Ган, Л. Мейтнер; Ф. Содди, Дж. Кранстон
Радий	1898	П. Кюри, М. Склодовская-Кюри, Г. Бемон
Радон	1899	Р. Оуэнс, Э. Резерфорд
Рений	1927	И. Ноддак (Такке), В. Ноддак
Родий	1804	У. Воластон
Ртуть	Известна с древности	
Рубидий	1861	Р. Бунзен, Г. Кирхгоф
Рутений	1844	К.К. Клаус
Самарий	1879	П. Лекок де Буабодран
Свинец	Известен с древности	
Селен	1817	Й. Берцелиус
Сера	Известна с древности	
Серебро	Известно с древности	
Скандий	1879	Л. Нильсон
Стронций	1790	А. Кроффорд

Сурия	Получена в средние века
Таллий	1861 У. Крукс
Тантал	1802 А. Экоберг
Теллур	1782 Ф. Мюллер фон Рейхенштейн
Тербий	1843 К. Мосандер
Титан	1795 М. Клапрот
Торий	1828 Й. Берцелиус
Тулий	1879 П. Клеве
Углерод	Известен с древности
Уран	1789 М. Клапрот
Фосфор	1669 Х. Бранд
Фтор	1771 К. Шееле
Хлор	1774 К. Шееле
Хром	1797 Л. Воклен
Цезий	1861 Р. Бунзен, Г. Кирхгоф
Церий	1803 Й. Берцелиус, В. Хизингер; М. Клапрот
Цинк	Получен в средние века
Цирконий	1789 М. Клапрот
Эрбий	1843 К. Мосандер

Многие Э. х. (гл. обр. металлы) первоначально стали известны в виде соед. (преим. оксидов) и получены в свободном виде много лет спустя, что было связано с трудностями хим. восстановления этих металлов из их соединений. В составе животных и растительных организмов обнаружено более 70 Э. х. Подавляющее большинство Э. х. находят то или иное практич. применение. Нек-рые элементы, считавшиеся ранее бесперспективными, теперь играют исключительно важную роль как материалы новой техники (напр., бериллий, титан, цирконий, галлий, германий, ниобий, тантал, рений).

Лит.: Трифонов Д. Н., Кривомазов А. Н., Лисневский Ю. И., Химические элементы и нуклиды, М., 1980; Открытие химических элементов. Спелфика и методы открытия, М., 1980; Популярная библиотека химических элементов, 3 изд., кн. 1–2, М., 1983. Д. Н. Трифонов.

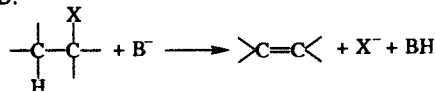
ЭЛЕНОЛ (2,6-диметил-2-октен-7-ол) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$, мол. м. 156,26; бесцв. жидкость с цветочным запахом; т. кип. 68–70 °C/1,5 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,855; n_D^{20} 1,453–1,455; давление пара 0,49 Па (20 °C); раств. в этаноле, не раств. в воде. Получают окислением аллоцимена воздухом, с послед. гидрированием образующегося диэпоксида и дегидратацией 2,6-диметил-2,7-октандиола. Применяют при составлении парфюм. композиций, отдушек для мыла и косметич. изделий, а также как сырье для получения эленилацетата. Эленилацетат $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{OOCCH}_3)\text{CH}_3$, мол. м. 198,30; бесцв. или светло-желтая жидкость с характерным цветочным запахом; т. кип. 80 °C/3 мм рт. ст.; d_4^{20} 0,886; n_D^{20} 1,440–1,445; раств. в этаноле, не раств. в воде. Получают ацетилированием Э. уксусным ангидридом. Применяют при составлении парфюм. композиций и отдушек для мыла.

Для Э.: т. всп. 90 °C, т. самовоспл. 252 °C, температурные пределы воспламенения 82–114 °C; для эленилацетата: т. всп. 85 °C, т. самовоспл. 267 °C; температурные пределы воспламенения 72–116 °C, КПВ 0,25–2,63% (по объему).

Л. А. Хейфиц.

ЭЛИМИНИРОВАНИЯ РЕАКЦИИ (р-ции отщепления), отщепление от молекулы орг. соед. частиц (атомов или атомных групп) без замены их другими. Различают α-, β-, γ- и δ-Э. р. При α-элиминировании (отщепление частиц от одного атома) образуются валентно-ненасыщ. соед. (напр., карбены, нитрены), при β-элиминировании (отщепление частиц от соседних атомов) — соед. с кратными связями ($\text{C}=\text{C}$, $\text{C}\equiv\text{C}$, $\text{C}=\text{N}$, $\text{C}\equiv\text{N}$), при γ- либо δ-элиминировании (отщепление частиц от атомов, разделенных одним или двумя атомами) — циклич. соед. Разновидность Э. р. — выброс фрагмента из углеродной цепи или цикла с образованием новой σ-связи (такие р-ции иногда наз. р-циями экструзии).

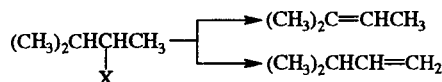
Наиб. изучены р-ции β-элиминирования. Для них возможны 3 механизма — E2, E1 и E1cB (обозначение E от англ. elimination). В р-циях бимол. элиминирования (механизм E2) две группы отщепляются одновременно в одну стадию, при этом протон связывается с катализатором — основанием B:



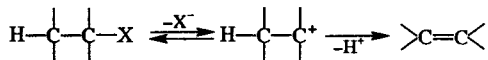
Р-ция стереоспецифична. Если группы Н и Х находятся в антиперипланарном положении (см. *Номенклатура стереохимическая*), то при Э. они уходят в противоположном направлении; происходит т. наз. *анти-Э*. Если же группы Н и Х находятся в синперипланарном положении, то при Э. они уходят в одном направлении (*син-Э*). *анти-Э*. обычно предпочтительнее, чем *син-Э*. Известно много примеров обоих видов Э. Так, при элиминировании НВг из *мезо*-1,2-дибром-1,2-дифенилэтана образуется *цис*-2-бромстильбен, тогда как из *рацемата* получается *транс*-олефин. *анти*-Элиминирование *эритро*-соед. приводит к *цис*-олефинам, а *трео*-соед. — к *транс*-изомерам.

В нек-рых случаях, когда возможно образование ионных пар, а также под влиянием стерич., конформац. и других факторов происходит (а иногда даже преобладает) *син*-элиминирование. Наиб. склонность к этим р-циям проявляют соед. с группой N(CH₃)₃.

β-Элиминирование галогеноводородов из алкилгалогенидов либо воды из спиртов подчиняются в основном *Зайцева правилу* (атом Н отщепляется от наименее гидрогенизир. атома углерода), а Э. р. при термич. разложении четвертичных аммониевых оснований — правилу Гофмана (из неск. возможных олефинов образуется тот, к-рый содержит наименьшее число алкильных заместителей, обычно этилен; см. *Гофмана реакция*), напр.:

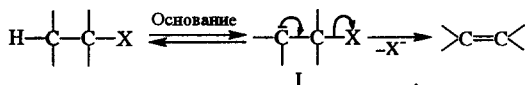


Мономол. механизм E1 — двухстадийный процесс, в к-ром медленная лимитирующая стадия — ионизация субстрата с образованием карбокатиона; последний быстро отдает протон основанию, к-рым часто служит р-тель:



Обычно р-ции по механизму E1 идут без добавления основания, они нестереоспецифичны, т.к. прежде чем отдать протон, карбокатион может принять наиб. устойчивую конформацию.

По карбанионному механизму E1cB сначала отщепляется Н, а затем Х. Это двухстадийный процесс, в к-ром интермедиом служит карбанион:

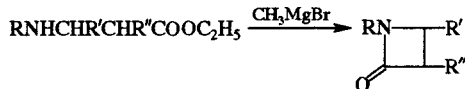


Обозначение механизма символом E1cB отражает участие в р-ции сопряженного основания ф-лы I (сВ — сопряженное основание, conjugated base). По механизму E1cB преим. реагируют субстраты, у к-рых водород активирован сильными электроакцепторными группами.

Э. р., протекающие в газовой фазе (пиролитич. элиминирование), могут происходить по периклич. и свободнорадикальному механизмам.

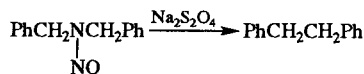
О механизме фотохим. Э. р. карбонильных соед. см. *Фрагментационные реакции*.

Э. р. применяют в орг. синтезе для получения олефинов (см., напр., *Бамфорда-Стивенса реакция*), а также циклич. соед., напр. образование β-лактамов из эфиров β-аминокислот под действием реактива Гриньяра (р-ция Брекпота):



К Э. р. с образованием σ-связи относится, напр., превращение дибензилнитрозоамина в дибензил при дей-

ствии дитионита натрия (р-ция Овербергера-Ломбардино):



См. также *Дегидратация, Дегидрогалогенирование, Хелет-ротные реакции*.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 673–81; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 5–108.

ЭЛЛИПСОМЕТРИЯ, метод исследования св-в границы (пов-сти) раздела разл. сред и происходящих на ней явлений (адсорбция, окисление и др.) по параметрам эллиптич. поляризации отраженного света.

При отражении монохроматич. плоскополяризов. света, падающего под углом φ₀, электромагн. волна, взаимодействуя с в-вом, обычно преобразуется в эллиптически поляризованную. Это объясняется тем, что электромагн. колебания, совершающиеся в плоскости падения (*p*-колебания) светового луча и в перпендикулярной к ней плоскости (*s*-колебания), при отражении света по-разному изменяют амплитуду напряженности электр. поля *E* и начальную фазу δ колебаний (рис.). Параметрами *E* и δ характеризуются т. наз. комплексные амплитуды для *p*- и *s*-колебаний падающей ($\tilde{E}_p = E_p e^{i\delta_p}$, $\tilde{E}_s = E_s e^{i\delta_s}$) и отраженной ($\tilde{E}'_p = E'_p e^{i\delta'_p}$, $\tilde{E}'_s = E'_s e^{i\delta'_s}$) волн. Отношения амплитуд $\tilde{R}_p = \tilde{E}'_p / \tilde{E}_p$ и $\tilde{R}_s = \tilde{E}'_s / \tilde{E}_s$, или комплексные коэф. отражения, можно вычислить в рамках конкретной модели отражающей пов-сти, используя мат. аппарат теории комплексных чисел и электромагн. теорию света.

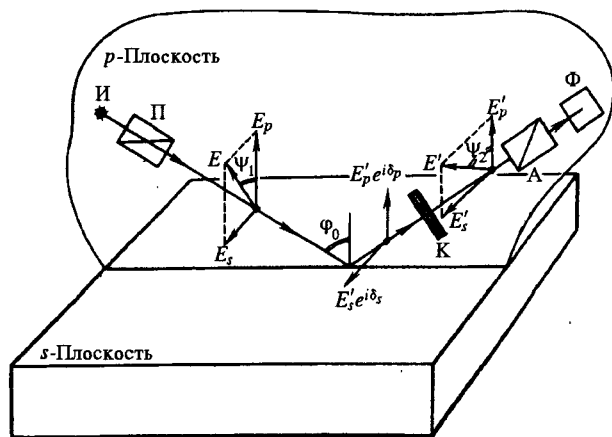


Схема действия эллипсометра; пояснения в тексте.

Такой подход, наз. *прямой задачей Э.*, позволяет записать осн. ур-ние Э.:

$$\frac{\tilde{R}_p}{\tilde{R}_s} = \frac{E'_p E_s}{E'_s E_p} e^{i(\delta'_p - \delta_s)} = \frac{\text{tg } \psi_2}{\text{tg } \psi_1} e^{i\Delta} = \text{tg } \psi e^{i\Delta},$$

где ψ (ψ₁, ψ₂ — соотв. для падающей и отраженной волн) и Δ = (δ_p — δ_s) — эллипсометрич. углы, измеряемые с помощью спец. приборов — эллипсометров.

В простейшей схеме эллипсометра, приведенной на рис., монохроматич. свет от источника И, проходя через призму-поляризатор П, преобразуется в плоскополяризов. свет. При отражении от исследуемой пов-сти между *p*- и *s*-колебаниями возникает разность фаз Δ; при этом конец вектора напряженности, характеризующего результирующее электр. колебание, описывает эллипс. Компенсатор К приводит разность фаз между *p*- и *s*-колебаниями к нулю и снова преобразует свет в плоскополяризованный, к-рый можно полностью погасить анализатором А. Гашение фиксируется

фотоприемником Ф. Значения азимутов поляризатора и анализатора в положении гашения связаны с углами ψ и Δ .

Прямая задача Э. легко решается для геометрически плоской границы раздела полубесконечных сред; разработаны методы решения для более сложных систем, напр., для планарной многослойной системы тонких пленок заданной толщины с известными оптич. постоянными сред. Совпадение вычисленных значений ψ и Δ с экспериментальными свидетельствует о корректности выбранной оптич. модели.

Однако, как правило, необходимо решать обратную задачу Э. — находить оптич. характеристики отражающей системы по измеренному набору значений ψ и Δ при разных условиях: разл. углах падения света ϕ_0 , падении света на изучаемую пов-сть из разных сред, использование света разл. частот (т. наз. спектральная Э.).

С помощью прямых вычислений обратная задача м. б. решена для случая отражения света от идеальной (резкой, гладкой) плоской границы раздела; в частности, по измеренным эллипсометрич. углам можно рассчитать оптич. константы (показатели преломления и поглощения) металлов. При этом даже для хорошо отполированной металлич. пов-сти модель идеальной границы раздела не всегда корректна, поэтому следует учитывать шероховатость реальной пов-сти. Общего решения обратной задачи не существует. Оптич. характеристики находят посредством номограмм, построенных по результатам решения прямой задачи на ЭВМ или с помощью спец. программ типа «поиск».

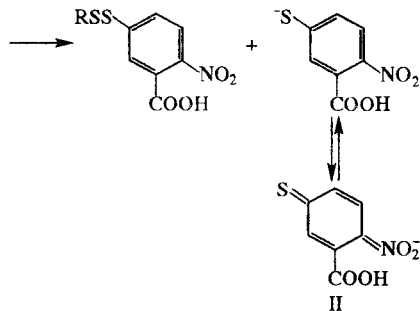
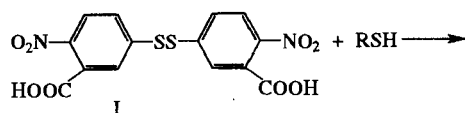
Классич. область применения Э. — исследования оптич. св-в материалов, в т. ч. измерения оптич. постоянных тонких (напр., оксидных) пленок, а также их толщин. Интерес к Э. возрос в 70–80-х гг. 20 в. в связи с особым значением, к-рое приобрели анализ структуры, изучение физ.-хим. св-в и контроль чистоты пов-стей благодаря быстрому развитию твердотельной (прежде всего полупроводниковой) электроники. Э. используют также в исследованиях физ. и хим. адсорбции в глубоком вакууме на плоских пов-стях Si, Ag, Pt и др., адсорбции полимеров на границе жидкость–газ и жидкость–жидкость, процессов катализа на микроуровне, св-в верх. слоев пов-стей, подвергнутых коррозии, в электрохимии для изучения окисления и восстановления электродов, в микробиологии для исследования оболочек клеток и липидных мембран и др.

Достоинства Э.: простота и быстрота измерений (имеются автоматич. эллипсометры), возможность производить их в ходе процесса (in situ), в вакууме, при высоких т-рах, в агрессивных средах; кроме того, при экспериментах пов-сти не загрязняются и не разрушаются. Недостаток метода — трудность правильного выбора модели отражающей системы и интерпретации результатов измерений. Поэтому наиб. перспективно сочетание Э. с др. методами исследования пов-стей, напр. с оже-спектроскопией, УФ и рентгеновской спектроскопией, методами дифракции электронов и рассеяния ионов.

Лит.: Основы эллипсометрии, под ред. А. В. Ржанова, Новосиб., 1979; Аззам Р., Башара Н., Эллипсометрия и поляризованный свет, пер. с англ., М., 1981; Громов В. К., Введение в эллипсометрию, Л., 1986; Пшеницын В. И., Абасов М. И., Лызов Н. Ю., Эллипсометрия в физико-химических исследованиях, Л., 1986; Всесоюзные конференции по эллипсометрии. Сб. тр., Новосиб., 1980–91; Эллипсометрия. Теория, методы, приложения, ред. К. К. Святшчев, А. С. Марджов, Новосиб., 1991. 3. М. Зорин.

ЭЛЛИМАНА РЕАКТИВ [5,5'-дитио-бис-(2-нитробензойная к-та), 3,3'-дикарбокси-4,4'-динитродифенилдисульфид; ф-ла I], мол. м. 396,4; т. пл. 240–245 °С (с разл.). Э. р. получают окислением 5-меркапто-2-нитробензойной к-ты.

Э. р. — аналит. реагент для определения своб. групп SH, в т. ч. в белках и пептидах. Метод основан на взаимодействии Э. р. с субстратами при pH 8 по схеме:

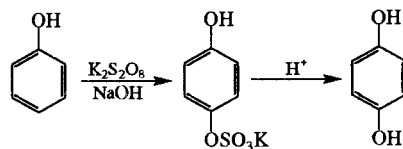


Хиноидную форму (II) 2-нитро-5-меркаптобензойной к-ты определяют спектрофотометрически при λ 412 нм (ϵ_{λ} $1,3 \cdot 10^4$).

Реагент предложен Дж. Эллиманом в 1959.

Лит.: Справочник биохимика, пер. с англ., М., 1991, с. 323. В. В. Баяев.

ЭЛЬБСА РЕАКЦИИ, 1) получение двухатомных фенолов действием персульфатов на одноатомные фенолы в щелочной среде (окисление по Эльбсу, персульфатное окисление), напр.:



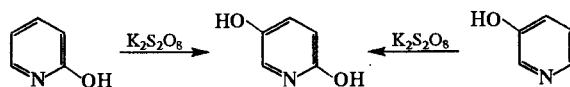
Электронодонорные заместители ускоряют, а электроноакцепторные замедляют р-цию. Вторая группа HO обычно вступает в *para*-положение (если оно занято, то образуются *орто*-дифенолы, но выход резко снижается). Гладко в Э. р. вступают крезолы, *n*-галоген-, *o*- и *m*-нитрофенолы, *m*-гидроксibenзальдегид и *m*-гидроксibenзойная к-та. Окисление двухатомных фенолов часто сопровождается разрушением ароматич. ядра. Если одну из групп HO предварительно проалкилировать, то р-ция протекает обычным образом.

α -Нафтол и его производные дают с хорошими выходами 1,4-дигидроксипроизводные, β -нафтол и 2-гидрокси-3-нафтойная к-та образуют 1,2-дигидроксипроизводные, но с низкими выходами.

Р-цию обычно осуществляют добавлением на холоде насыщ. водного р-ра $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ или $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ к щелочному р-ру фенола с послед. подкислением. Использование смеси $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ и ацетата Pd позволяет вести прямое ацетоксигирование одноатомных фенолов. Выходы, как правило, не превышают 50%.

Осн. побочные продукты — изомерные дигидроксифенолы (характерны для р-ции замещенных фенолов), хиноны и продукты их дальнейшей деструкции.

В р-цию, подобную Э. р., также вступают гидроксипроизводные флавонона, кумарина, нек-рых азотсодержащих гетероциклов, напр.:

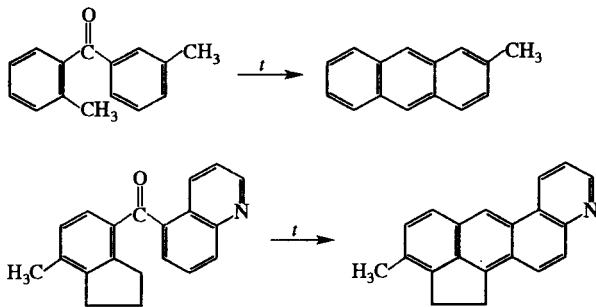


Механизм р-ции окончательно не выяснен. Предполагают, что она может осуществляться по свободнорадикальному механизму (следы Fe^{2+} в персульфате катализируют образование анион-радикала $\text{SO}_4^{\cdot-}$, к-рый атакует *para*-положение фенолят-иона) или ионному (атака феноксид-аниона ионом $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ и послед. перегруппировка образовавшегося аддукта).

Э. р. используют в препаративной практике; открыта К. Эльбсом в 1893.

Лит.: Sethna S., «Chem. Revs.», 1951, № 49, № 1, p. 91–101; Sheldon R., Koschi J., Metall-catalyzed oxidation of organic compounds, N.Y., 1981; Capdevielle P., Maumy M., «Tetrahedron letters», 1982, v. 23, № 15, p. 1573–76, 1577–80.

2) Термич. циклодегидратация диарилкетонов, содержащих в орто-положении группы CH_3 или CH_2 , с образованием конденсир. ароматич. углеводов, напр.:



Р-цию обычно осуществляют при 350–500 °С в течение неск. часов или суток до прекращения выделения H_2O . Выходы обычно не превышают 50%.

Осн. побочные процессы: миграция карбонильной группы и др. внутримол. перегруппировки; отщепление заместителей (Alk , AlkO , Hal) из ароматич. ядра; гидро- и дегидрогенизации.

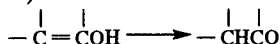
Механизм р-ции не выяснен. Полагают, что первоначально кетон переходит в енольную форму с образованием сопряженной системы связей; затем следует внутримол. присоединение др. ароматич. кольца с образованием производного дигидроантраола, к-рый подвергается дегидратации. Существуют и др. представления о механизме этой р-ции.

Р-цию циклодегидратации используют в препаративной практике как наиб. экономичный и быстрый способ синтеза нек-рых производных дибензо[a,h]антрацена, холантрена и динафтохризенов.

Р-ция открыта К. Эльбсом в 1884.

Лит.: Физер Л., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., сб. 1, М., 1948, с. 163; Фьюэри Р., Реакции органических соединений, пер. с англ., М., 1966, с. 450–51. Г. И. Дрозд.

ЭЛЬТЕКОВА ПРАВИЛО: ненасыщенные спирты с группой OH у атома углерода, при к-ром имеется двойная связь (см. Енолы), нестойки и превращаются в карбонильные соед. (альдегиды или кетоны):



Э. п. в определенной мере справедливо лишь для простейших енолов. Известны многочисленные достаточно стабильные енолы [напр., соед. ф-лы I , $\text{CH}_3\text{C}(\text{OH})=\text{CHC}(\text{O})\text{Ph}$, $\text{HOCH}=\text{C}(\text{COOC}_2\text{H}_5)_2$ содержат соотв. 100, 99 и 94% енольной формы], а также соед., в к-рых енольная и карбонильная формы находятся в динамич. равновесии (см. Таутомерия).

Правило сформулировано А. П. Эльтековым в 1877 и независимо от него Э. Эрленмейером в 1880. Г. И. Дрозд.

ЭМАЛИ, 1) Тонкие стеклообразные покрытия (финишь, стеклоэмаль), наносимые на изделия из металлов и их сплавов и закрепляемые обжигом. Характеризуются высокой твердостью, коррозионной стойкостью, износо- и жаростойкостью.

По назначению Э. подразделяют на техн. и художественные, по внешнему виду – на прозрачные и непрозрачные (глушеные), белые и цветные.

Технические Э. наносят на изделия из чугуна, стали, алюминия и сплавов легких металлов. Подразделяют на грунтовые и покровные. Грунтовые Э., содержащие 50–60% SiO_2 , 2–8% Al_2O_3 , до 30% B_2O_3 , 12–30% Na_2O , 4–10% CaO и др. оксиды (до 10 наименований), наносят на изделия первым, грунтовым слоем, к-рый хорошо сцепляется с металлом. Для усиления сцепления с металлом вводят т. наз. оксиды сцепления – Co_2O_3 , Ni_2O_3 , MoO_3 .

Покровные Э., наносимые на грунтовые, подразделяют на непрозрачные (белые, окрашенные) и прозрачные (бесцв., окрашенные). Они содержат те же оксиды, что и грунтовые, и, кроме того, SnO_2 , Sb_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2 , фториды щелочных металлов, выполняющие роль глушителей (иногда Э. классифицируют именно по составу глушителей). В состав окрашенных Э. входят также пигменты (оксиды Mn , Cu , Co , Cr , Ni), люминофоры и др.

Технология произ-ва Э. включает: составление шихты, содержащей разл. стеклообразующие материалы (кварц, кварцевый песок, сода, поташ, мел, полевой шпат, глина, каолин, бура) и спец. добавки (см. выше); плавление шихты [для фриттованных (предварительно сплавленных) Э.] при т-ре 1150–1450 °С до получения стеклянных гранул; размалывание гранул до получения пудры (помол без воды) или устойчивого шликера (помол с водой и смешивание со связующими компонентами). Устойчивый маловязкий шликер обычно содержит 30–40% по массе воды, 5–10% глины, 0,1–0,5% электролитов (сода и др.), огнеупорные наполнители, при необходимости, – 3–8% глушителей, 1–5% пигментов и орг. красителей. Нефриттованные Э. получают размолом (без плавления) в воде исходных материалов.

Шликер или пудру наносят на предварительно подготовленную (обезжиренную, протравленную, очищенную песком) пов-сть металла погружением, обливом, пульверизацией, электростатич. напылением, электрофорезом и др. способами; пудру часто наносят напылением с помощью вибросит на пов-сть, нагретую до 600–800 °С. Изделия, покрытые грунтовой Э., сушат в конвейерной сушилке при 150–180 °С, после чего в два слоя наносят покровную эмаль. Каждый слой Э. обжигают отдельно в камерных, туннельных и др. печах.

В зависимости от исходного состава оксидов и т-ры обжига Э. бывают легко- и тугоплавкими, в зависимости от фазового состава покрытия – стеклообразными и стеклокристаллическими (ситаллизированными). Оптимальные т-ры обжига Э. для изделий из чугуна и стали: грунтовых – 850–980 °С, покровных – 800–920 °С; из алюминия и его сплавов – 530–580 °С; из благородных и цветных металлов – 750–850 °С; из тугоплавких металлов и сплавов – до 1600 °С. Для получения качественных покрытий расплавленные Э. должны хорошо смачивать металл; при этом вязкость расплавленной Э. не должна превышать 100 Па·с, а величина ее поверхностного натяжения – 300 Н/м.

На изделия, обработка к-рых при высокой т-ре недопустима, Э. наносят дуговым или высокочастотным плазменным напылением (т-ра пов-сти не более 200 °С).

Продолжительность обжига покрытия 3–4 мин для мелких изделий и до 30–40 мин для крупных; обычная толщина Э. 0,07–0,02 мм, в случае толстостенных изделий хим. аппаратуры – до 1–2 мм (2–3 слоя грунтовой Э. и до 7 слоев покровной). Наличие большого кол-ва слоев способствует релаксации возникающих при охлаждении напряжений, обусловленных различием температурного коэф. линейного расширения Э. и металлов. Во избежание образования дефектов эти напряжения не должны превышать 50–100 МПа для стеклообразных Э. и 150–200 МПа для стеклокристаллических. Готовые покрытия иногда расписывают красками на основе окрашенных оксидов или солей металлов.

Техн. Э. предназначены для увеличения износостойкости разл. аппаратов в хим., пищевой и фармацевтич. пром-сти, эксплуатирующихся в агрессивных средах. Их наносят также на изделия бытового назначения (посуду, холодильники, санитарно-техн. и электроосветит. аппаратуру), нек-рые архитектурно-строительные облицовочные детали, дорожные знаки и пр.

Художественные Э. обычно наносят для украшения изделий из цветных и благородных металлов. Содержат обычно те же оксиды, что и техн. Э. Толщина эмалевого покрытия обычно не превышает 0,01 мм. На ювелирные изделия эмалевые составы, в т. ч. многоцветные, накладывают вручную. В зависимости от техники наложения и закрепления Э. наз. выемчатыми, перегородчатыми, расписными, поливными, по рельефу, по скани и др.

Э. известна с глубокой древности (Др. Египет), в Византии в 10–12 вв. использовалась при художественных работах по золоту, на Руси известна с 11 в. Для покрытия изделий техн. назначения применяют с кон. 17 в.

Лит.: Локшии В. Я., Технология эмалирования металлических изделий, 2 изд., М., 1955; Технология эмали и эмалирования металлов, 2 изд., М., 1965; Аппеи А. А., Температуроустойчивые неорганические покрытия, 2 изд., Л., 1976; Химическая технология стекла и ситаллов, под ред. Н. М. Павлушкина, М., 1983. И. Я. Гузман.

2) Эмалевые краски (лаковые краски) – суспензии высокодисперсных пигментов и наполнителей в лаках. При нанесении на пов-сть образуют непрозрачную пленку, превращающуюся после высыхания в лакокрасочное покрытие, по внешн. виду напоминающее стеклообр. эмаль (см. выше).

По природе пленкообразующего в-ва (лака) различают Э. на основе алкидных, полиэфирных, феноло-альдегидных, перхлорвиниловых и эпоксидных смол, полиуретанов, полиакрилатов, нитратов целлюлозы, кремнийорг. олигомеров и др.

В качестве пигментов в Э. используют цинковые, свинцовые и титановые белила, охра, литопон, сажу, сурик, оксиды Cr и Fe , орг. пигменты; в качестве наполнителей – тонкодисперсные порошки мела, слюды, талька, каолина, Al_2O_3 , BaCO_3 и др. Р-рителями (разбавителями) служат орг. в-ва, не вызывающие хим. превращений пленкообразователей и испаряющиеся в процессе высыхания, напр. спирты и моноэфиры гликолей – для феноло-формальдегидных смол, углеводороды – для алкидных смол и битумов, кетоны и сложные эфиры – для нитратов целлюлозы. Другие компоненты – пластификаторы, сиккативы, стабилизаторы, диспергаторы, ПАВ, матирующие добавки (напр., воски, Al -соли жирных к-т и к-т канифоли). При введении спец. добавок, напр. бентонита или тонкодисперсного SiO_2 , образуются обратимые коагуляционные (тиксотропные) структуры, благодаря к-рым Э. утрачивают текучесть и могут удерживаться на вертикальных пов-стях.

Получают Э. диспергированием (перетиром) тонкоизмельченных пигментов и наполнителей в пленкообразователе. Содержание сухого в-ва 25–60% по массе, отношение к кол-ву пленкообразователя от 3:1 до 5:1. Наносят Э. на специально подготовленную пов-сть или по грунтовкам валиком, кистью, распылением либо др. способами (см. Лакокрасочные покрытия) в неск. слоев (с сушкой каждого нанесенного слоя).

Формирование пленки Э. на пов-сти происходит как в результате испарения р-рителей при комнатной т-ре, так и в результате хим. взаимод. компонентов при разл., в т.ч. повышенных, т-рах. Так, напр., пленкообразование Э. на основе высыхающих алкидных смол происходит в результате окислит. полимеризации пленкообразователя, полиэфирных смол – в результате сополимеризации с мономерами, входящими в состав р-рителей, эпоксидных – в результате взаимод. с отвердителем, к-рый вводят в композицию непосредственно перед нанесением на пов-сть. Толщина эмалевых покрытий обычно не превышает 100 мкм, для тиксотропных Э. – 350 мкм.

Покрытия обладают удовлетворит. атмосферостойкостью (при правильном нанесении и сушке – до 4–6 лет), достаточно высокими декоративными св-вами, медленно набухают в воде. Применяют Э. для получения защитных и декоративных покрытий по металлу, дереву, пластмассе и др. материалам.

Лит.: Энциклопедия полимеров, т. 2, М., 1974, с. 10–30. См. также лит. при ст. Лакокрасочные покрытия. Н. В. Майорова.

ЭМАНАЦИОННЫЙ МЕТОД, физ.-хим. метод исследования твердых тел, основанный на изучении их способности выделять (эманировать) в окружающую среду изотопы радиоактивного инертного газа радона (эманации). В изучаемый объект вводят пропиткой, сосаждением, сорбцией или др. путем микроколичество материнского радионуклида, при радиоактивном распаде к-рого образуются непосредственно или в результате ядерных реакций изотопы Rn. Обычно материнскими нуклидами служат ^{226}Ra или ^{228}Th . При α -распаде ^{226}Ra образуется ^{222}Rn ($T_{1/2}$ 3,823 сут); превращение

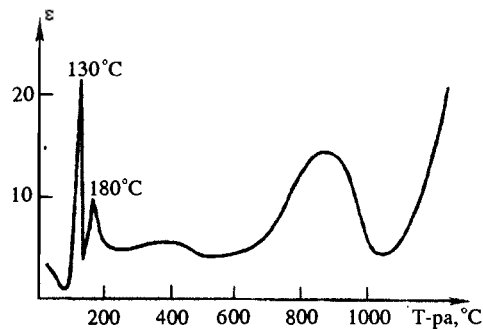
$^{228}\text{Th} \xrightarrow[T_{1/2} 1,913 \text{ года}]{\alpha\text{-распад}} ^{224}\text{Ra} \xrightarrow[T_{1/2} 3,66 \text{ сут}]{\alpha\text{-распад}} ^{220}\text{Rn}$ ($T_{1/2}$ 55,6 с) приводит к образованию короткоживущего ^{220}Rn , наз. часто торон (см. Радиоактивные ряды).

Образовавшиеся в твердом образце атомы радона переходят в окружающую газовую среду гл. обр. диффузионным путем (незначит. доля эманации покидает твердое тело за счет эффекта отдачи). Выделение эманации зависит от структуры твердого тела, уровня дефектности и т.п. факторов, определяющих скорость диффузии. Отношение числа атомов эманации, выделяющихся в единицу времени из твердого тела в окружающую среду, ко всем атомам эманации, образовавшимся в исследуемом теле за то же время вследствие радиоактивного распада материнского нуклида, наз. коэф. эманирования ϵ . Значение ϵ меняется от приблизительно 1 (для расплавов) до 0,01 и менее (для бездефектных монокристаллов).

Наилучшие результаты Э. м. обеспечивает, если материнский нуклид распределен гомогенно по всему объему исследуемого твердого образца. Кол-ва материнского нуклида и образующегося инертного газа в образце ничтожно малы (менее 10^{-10} – 10^{-8} г), поэтому на физ.-хим. св-вах изучаемого твердого материала их присутствие не сказывается. Атомы радона, образующиеся при α -распаде материнских ядер, не реагируют с окружающим в-вом и остаются в химически не связанном состоянии.

На практике применение Э. м. обычно совмещают с термическим анализом, т.е. изучают эманирование при разных т-рах. График зависимости ϵ от т-ры получил назв. эманограммы. При эманационно-термич. методе важно, чтобы в твердом теле быстро устанавливалось равновесие между материнским нуклидом и эманацией; наиб. удобно с этой целью использовать торон (равновесие между тороном и ^{224}Ra устанавливается за 8–10 мин). При получении эманограммы образец помещают в нагреваемый герметич. сосуд и потоком газа-носителя, проходящего над образцом, переносят выделяющуюся эманацию в блок детектирования, где кол-во выделившейся эманации определяют радиометрически.

При т-рах хим. или фазовых (полиморфных) превращений наблюдается резкое возрастание ϵ (рис.). Так, острые максимумы на эманограмме гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, отвечающие 130 и 180 °C, соответствуют двум стадиям его дегидратации. Широкий максимум в области т-р 800–990 °C свидетельствует о превращении α - и β -форм CaSO_4 . По эманограмме судят о кинетике превращений, определяют т-ры начала и окончания твердофазных р-ций, определяют т-ры стеклования полимеров, судят о суммарной дефектности твердого тела.



Кривая изменения с т-рой коэф. ϵ эманирования торона ^{220}Rn из гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ϵ выражен в относит. единицах).

Возможности Э. м. могут быть расширены, если вместо радона использовать радиоактивные нуклиды ^{85}Kr и ^{133}Xe . В этом случае Kr или Xe вводят в изучаемый объект, помещая его в атмосферу, содержащую радиоактивный инертный газ; при воздействии на атмосферу излучением высокочастотного трансформатора Теслы ускоренные ионы инертных газов поступают в образец (метод Еха). При этом радиоактив-

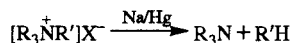
ные атомы проникают не на всю толщину образца, а только в его поверхностные слои, но во мн. случаях этого оказывается достаточно для получения информации о строении твердого тела.

Идея Э. м. была впервые высказана и реализована Л. С. Колловрат-Червинским в 1902, работавшим в лаборатории М. Склодовской-Кюри.

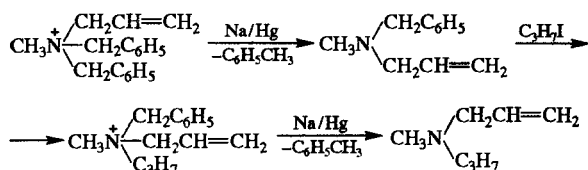
Лит.: Несмеянов А.Н., Радиохимия, 2 изд., М., 1978; Балеб В.Т., Теллеши Ю., Эманионно-термический анализ, пер. с англ., М., 1986.

С. С. Бердосов.

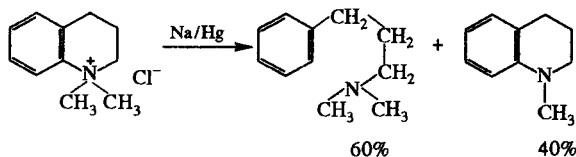
ЭМДЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ, восстановит. разрыв связи C—N в четвертичных солях аммония при действии амальгамы натрия:



Обычно четвертичную соль в воде или водном спирте перемешивают с избытком 5%-ной амальгамы натрия или расщепляют р-ром щелочного металла в жидком аммиаке (либо сплавом никеля с алюминием). Э. р. неприменимо, когда все заместители — насыщенные алкильные группы. Р-ция протекает легко при наличии кратной связи у соседнего со связью C—N атома углерода; бензильная и 3-фенилаллильная группы отщепляются легче аллильной, что используют в синтезе смешанных третичных аминов:

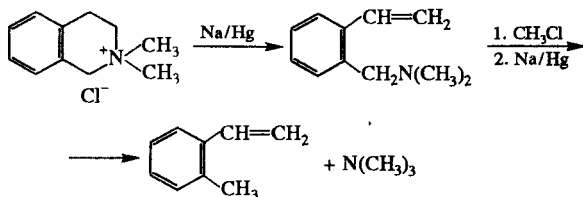


Соли типа триметилфениламмонийхлорида практически не расщепляются, однако у аналогичных циклич. соединений разрывается связь между бензольным кольцом и атомом азота:



В условиях расщепления Гофмана такого раскрытия цикла не происходит — элиминируется метильная группа.

Производные тетрагидрохинолина реагируют с расщеплением кольца как при Э. р., так и при расщеплении по Гофману:



Э. р. является ценным дополнением к широко распространенному методу расщепления четвертичных оснований по Гофману, т. к. часто приводит к иным результатам, и особенно эффективно используется для установления строения аминов и алкалоидов. Реакцию открыл Г. Эмде в 1909.

Лит.: Вацуро К.В., Мищенко Г.Л., Именные реакции в органической химии, М., 1976, с. 499–500; Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, 4 Aufl., Bd 11/1, Stuttgart, 1957, S. 973.

Н. П. Гамбарян.

ЭМЕТИН, мол. м. 480,65, алкалоид, содержащийся в рвотном корне — корне ипекакуаны (*Serphaelis Ipecacuanha*) семейства мареновых (Rubiaceae); обнаружен также в нек-рых др. видах растений. Бесцв. кристаллы, т. пл. 74 °С, $[\alpha]_D^{20}$ –26° (50%-ный C_2H_5OH) и –50° ($CHCl_3$); легко раств. в хлороформе,

этаноле, диэтиловом эфире, хуже — в бензоле и легкокипящем петролейном эфире, плохо — в воде.

Э. — двухкислотное основание, образует растворимые в воде кристаллич. соли: дигидрохлорид, т. пл. 235–255 °С (с разл.), $[\alpha]_D^{20} +11^\circ$ (H_2O); дигидробромид, т. пл. 250–260 °С, $[\alpha]_D^{20} +12^\circ$ (H_2O). При метилировании Э. метилиодидом образуется смесь стереоизомерных иодметилатов α - и β -N-метилэметинов с т. пл. 225 и 262 °С соотв. Окисление Э. иодом в этаноле приводит к О-метилпсихотрину (в ф-ле дополнит. двойная связь между атомами C-1' и N-2'). При кипячении Э. с $FeCl_3$ образуется рубрэметин с т. пл. 127–128 °С. Окисление Э. $KMnO_4$ в ацетоне приводит к 6,7-диметоксиизохинолин-1-карбоновой и метагемипиновой (4,5-диметоксибензол-1,2-дикарбоновой) к-там, а в слабощелочной среде — к 1-кето-6,7-диметокси-1,2,3,4-тетрагидроизохинолину.

Осуществлен лаб. синтез Э. Биогенетич. предшественник его — дофамин (3,4-дигидроксифенилаланин). Э. обнаруживают хроматографич. и спектральными методами, а также по зеленовато-желтому окрашиванию с сульфомолибденовой к-той.

Корни ипекакуаны содержат до 2,7% алкалоидов; ок. половины этого кол-ва составляет Э. В медицине Э. используют как ср-во от амебной дизентерии и нек-рых др. протозойных инфекций, иногда — как рвотное ср-во. В качестве отхаркивающего применяют само растение ипекакуана или реже Э. в малых дозах. В больших дозах Э. — яд.

Лит.: Suffness M., Cordell G.A., в кн.: The Alkaloids, v. 25, ed. by A. Brossi, N. Y., 1985.

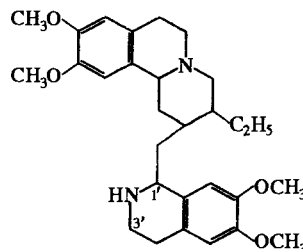
А. А. Ибрагимов.

ЭМИССИОННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ, см. Спектральный анализ.

ЭМУЛЬСИИ, дисперсные системы с жидкой дисперсионной средой и жидкой (реже газовой) дисперсной фазой. Различают прямые Э. — дисперсионная среда (обычно вода) более полярна, чем дисперсная фаза (напр., молоко, латексы), и обратные (инвертные) Э. — с менее полярной дисперсионной средой (маргарин, сырая нефть). Существуют также множественные Э., в к-рых капли дисперсной фазы содержат в своем объеме более мелкие капли дисперсионной среды. Э. разделяют на разбавленные (дисперсная фаза занимает по объему доли %), концентрированные (единицы и десятки %) и высококонцентрированные, или спумоидные (пенообразные), напр. многие мази, кремы. В таких Э. капли дисперсной фазы прижаты друг к другу и разделены тонкими эмульсионными пленками, прямыми или обратными, так что объемная доля дисперсной фазы может достигать 99% и более (подробнее см. *Тонкие пленки*). Важная характеристика Э. — их дисперсность, точнее функция распределения капель по размерам. В концентрированных Э. средний размер капель обычно составляет от неск. мкм до десятков мкм, тогда как разб. Э. имеют капли в доли мкм и меньше.

Образование Э. — эмульгирование — может происходить как в результате конденсац. выделения новой дисперсной фазы, так и при диспергировании одной жидкой фазы в другой. Диспергирование может происходить самопроизвольно или в результате мех. воздействия. Самопроизвольное эмульгирование возможно при очень низких значениях поверхностного натяжения границы раздела двух жидкостей (менее сотой доли мН/м) и приводит к образованию термодинамически равновесных к р и т и ч. Э. (см. *Микроэмульсии*). Кроме того, самопроизвольное эмульгирование может происходить в результате диффузионного переноса в-в (обычно ПАВ) из одной фазы в другую. Для мех. эмульгирования применяют разл. гомогенизаторы и диспергаторы (см. *Диспергирование*).

Стабилизаторы Э. Возможность образования Э., их тип и стабильность определяются поверхностными явлениями на границах раздела фаз и зависят прежде всего от наличия в



системе ПАВ-эмульгаторов, их концентрации и мол. строения, в частности гидрофильно-липофильного баланса ГЛБ (см. *Поверхностно-активные вещества*). Стабилизаторами прямых Э. являются водорастворимые ПАВ с высокими значениями ГЛБ (более 8): анионные (мыла щелочных металлов, натриевые и триэтаноламинные соли алкилсульфокислот и алкилфосфорных к-т), неионогенные (твины, этоксилаты спиртов и алкилфенолов), катионные (алкилимидазолины, четвертичные аммониевые соли), высокомолекулярные ПАВ как прир. происхождения (лецитины, полисахариды, липопротейны, белки), так и синтетические (поливиниловый спирт, полиакрилаты и др.).

Для стабилизации обратных Э. используют мыла переходных металлов, моноалканамида, неионогенные ПАВ с низким ГЛБ, напр. спан-80, этиленоксилаты высших спиртов и к-т. При взаимод. стабилизированных мылами щелочных металлов прямых Э. с многозарядными ионами может происходить т. наз. обращение фаз – самопроизвольное превращение прямой Э. в обратную; при использовании неионогенных эмульгаторов обращение фаз может происходить с ростом т-ры.

В трехкомпонентных системах вода-углеводород-неионогенное ПАВ и в многокомпонентных системах вода (иногда с добавками электролитов) – углеводород – ионное ПАВ – соПАВ (обычно спирты со средней длиной цепи) в определенном температурном интервале происходит образование термодинамически стабильных микроэмульсий, характеризующихся ультранизким межфазным натяжением на границах раздела между водой и углеводородом.

Нарушение устойчивости Э. связано с протеканием в системе процессов седиментации, коагуляции капель, их слияния (см. *Коалесценция*) и диффузионного переноса в-ва от малых капель к более крупным (остальдово созревание, изотермич. перегонка, переконденсация). Седиментация в грубодисперсных Э. может быть прямой или обратной (образование «сливков») в зависимости от соотношения плотностей жидкостей, служащих дисперсионной средой и дисперсной фазой. Для предотвращения седиментации проводят дополнит. диспергирование (гомогенизацию) Э. или вводят добавки, выравнивающие плотности фаз. Устойчивости к коагуляции м. б. достигнута при использовании ионогенных ПАВ; в случае обратных Э. эффективно применение Fe- и Cr-солей высших жирных к-т. Практически полное предотвращение коалесценции возможно при использовании ПАВ, особенно высокомолекулярных, создающих на пов-сти капель структурно-мех. барьер. Эффективным способом замедления переконденсации Э. является введение в состав дисперсной фазы добавок, практически нерастворимых в дисперсионной среде: для прямых Э. – углеводородов с большой мол. массой, для обратных Э. – электролитов.

Э. широко распространены в природе; это молоко (капли жира в воде, стабилизированные смесями белков, в осн. казеина, липопротеинов и фосфолипидов), млечный сок растений, напр. каучуконосов (см. *Латекс натуральный*), нефтяные Э., деэмульгирование к-рых для освобождения от сильно засоленной воды является важнейшей задачей первичной переработки нефти. Близки к Э. кровь, а также системы, содержащие липосомы и микроорганизмы. В пром-сти и технологии Э. используют в процессах эмульсионной полимеризации, в качестве смазочно-охлаждающих жидкостей, в виде заменителей цельного молока, как смазки, составы для консервации, проклеивающие составы в произ-ве бумаги, аппретуры для улучшения св-в и прокрашивания кожи, препараты для обработки нитей и тканей. Обратные Э. служат буровыми р-рами при проходке нефтяных и газовых скважин, для обработки призабойных зон в них; перспективно использование микроэмульсий для увеличения степени нефтеотдачи пластов. Разнообразные обратные Э. применяются в виде лекарств и косметич. мазей и кремов, пищ. продуктов (напр., маргарин); прямые Э. перфторуглеродных соед. в воде – перспективные кровозаменители.

Лит.: Эмульсия, пер. с англ., Л., 1972; Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии, ред. К. Миттел, пер. с англ., М., 1980.

А. В. Перцов, Б. Е. Чистяков.

ЭМУЛЬСИОННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ, способ проведения полимеризации мономера в дисперсионной среде (обычно в воде), приводящий к образованию полимерной суспензии со средними размерами частиц 50–150 нм.

Обычно Э. п. протекает по радикальному механизму. Полимеризацию инициируют водо- или маслорастворимые инициаторы (напр., $K_2S_2O_8$, H_2O_2 , орг. пероксиды), а также окислит.-восстановит. системы.

Для стабилизации эмульсий мономеров и полимерных суспензий используют эмульгаторы: анионоактивные (алкилсульфонат Na, соли жирных к-т и др.) и неионогенные ПАВ (оксипропиленгликоли и др.), а также ПАВ смешанного типа (сульфур. оксипропиленгликоли).

Эмульсии мономеров получают путем мех. перемешивания мономера и водной фазы. Эмульгатор раств. в воде или мономере либо его получают на границе раздела фаз. Дисперсный состав эмульсии мономера зависит от способа ее получения, природы эмульгатора и мономера. Эмульсии мономера могут состоять из капель с диаметрами от 50 до 5000 нм и мицелл эмульгатора. Микрокапли мономера с диаметрами 50–300 нм образуются при квазиспонтанном микроэмульгировании мономера на границе раздела фаз. Соотношение между числом микрокапель мономера и мицелл эмульгатора зависит от способа приготовления эмульсии.

Э. п. состоит из двух основных стадий – образование полимерно-мономерных частиц (ПМЧ) и полимеризация мономеров в ПМЧ. Образование ПМЧ может происходить из мицелл эмульгатора, микрокапель мономера, а также по механизму гомогенной нуклеации (из агрегатов макромолекул или макрорадикалов, достигших определенной степени полимеризации). Возможность одновременного формирования ПМЧ по разным механизмам приводит к получению полимерных суспензий с широким распределением частиц по размерам.

Осн. факторами, определяющими скорость Э. п. и мол.-массовые характеристики образовавшегося полимера, является число ПМЧ и их распределение по размерам. Меняя условия получения эмульсионной системы, а следовательно и ее состав, можно регулировать механизм образования ПМЧ и получать полимерные суспензии с заданным диаметром частиц и распределением их по размерам. В тех случаях, когда удается обеспечить формирование ПМЧ преимущественно из микрокапель мономера, распределение частиц по размерам в полимерной суспензии становится узким.

Э. п. протекает в большом кол-ве ПМЧ (10^{14} – 10^{15} в 1 мл) и каждая частица содержит не более одного своб. радикала.

Для описания кинетич. закономерностей Э. п. широкое распространение получила теория Смита-Эварта, в основу к-рой положены представления о том, что ПМЧ образуются только из мицелл эмульгатора, а полимеризация протекает в их объеме. Вследствие сложного характера гетерогенного процесса эта количеств. теория Э. п. постоянно уточняется и совершенствуется.

В пром-сти Э. п. проводят по периодич. или непрерывной схеме. Продукт Э. п. – латекс или выделенный из него полимер. Достоинства Э. п.: легкость отвода теплоты, простота технол. оформления, возможность получения высокомогл. полимеров (при больших скоростях процесса) и высококонцентрир. латексов. Использование воды как дисперсионной среды уменьшает пожароопасность процесса. Недостатки: необходимость отмывания полимера от эмульгатора, наличие дополнит. стадии выделения полимера из латекса.

Подобно Э. п. осуществляется суспензионная полимеризация (СП) – способ проведения радикальной полимеризации мономеров в дисперсионной среде, приводящий к образованию полимерной суспензии со средними размерами частиц 150 нм – сотни мкм. ПМЧ в этом случае образуются непосредственно из капель мономера, диспергированного обычно в воде и стабилизированного водорастворимыми орг. полимерами (желатином, поливиниловым спиртом, крахмалом, метоксипропилцеллюлозой, сополимерами стирола с малеиновым ангидридом) или неорг. соед. (соли и оксиды металлов и др.), к-рые, как правило, характеризуются

меньшей поверхностной активностью, чем эмульгаторы, применяемые при Э. п., и их концентрация примерно на порядок ниже.

Размеры частиц образующейся полимерной суспензии (гранулы) определяются размерами капель мономера в исходной эмульсии, к-рые, в свою очередь, зависят от условий перемешивания, значения межфазного натяжения, определяемого природой стабилизатора и мономера, и эффективностью инициирования.

СП состоит из двух основных стадий – образование ПМЧ и полимеризация мономера в их объеме.

Иницируют СП орг. пероксиды, растворенные в мономере, или $K_2S_2O_8$, растворенный в воде.

Низкая концентрация стабилизатора и его невысокая поверхностная активность – причина невысокой устойчивости ПМЧ, их коалесценции на начальной стадии полимеризации, образования полимерной суспензии с широким распределением частиц по размерам и иногда с частицами несферич. формы. Коалесценция ПМЧ на начальной стадии процесса обуславливает отличие в распределении по размерам частиц конечной суспензии и капель мономера в исходной эмульсии.

Повышение концентрации стабилизатора увеличивает устойчивость ПМЧ, но приводит к протеканию СП в ПМЧ, образованных в водной фазе из клубков молекул стабилизатора, что расширяет распределение частиц суспензии по размерам и ухудшает св-ва полимера.

Полимерные суспензии с узким распределением частиц по размерам и разл. их диаметром получают путем проведения СП в присут. полимерных ПАВ или ПАВ, нерастворимых в водной фазе. В качестве ПАВ применяют карбокситриметилсилоксиполидиметилсилоксаны, олигогликольмалеинатбензоаты, поливинилпирролидон, поли-N-виниламиды и др. Эти стабилизаторы образуют на пов-сти ПМЧ прочный адсорбционный слой благодаря формированию структурно-мех. барьера, препятствующего их коалесценции. Полимерные суспензии спец. назначения (монокисперсные, пористые, окрашенные и др.) с размерами частиц более 10 мкм получают двухстадийной СП в присут. добавок (олигомеров разл. природы, нерастворимых в воде орг. соединений). Недостаток СП – необходимость отмывания полимера от стабилизатора.

Методами Э. п. и СП получают нестереорегулярные полидиеновые и диен-стирольные каучуки и др. полимеры, напр. полиметилметакрилат, полистирол, поливинилхлорид, поливинилацетат.

Лит.: Эмульсионная полимеризация и ее применение в промышленности, М., 1976; Hansen F.K., Ugelstad J., в кн: Emulsion polymerisation, N.Y.-[a. o.], 1982, p. 51–92.

И. А. Гришкова.

ЭМУЛЬСИОННЫЕ КРАСКИ, то же, что *водоэмульсионные краски*.

ЭМУЛЬСОРЫ, см. *Смазочно-охлаждающие жидкости*.

ЭМУЛЬТАЛ, техн. неионогенное ПАВ. Содержит смесь сложных эфиров олеиновой, линолевой, линоленовой, смоляных к-т и триэтаноламина (80% по массе); остальное – неэтерифицированные жирные к-ты, их амиды, др. орг. в-ва, вода.

Э. – вязкая жидкость от светло-коричневого до черного цвета; плотн. 0,98 г/см³; хорошо раств. в орг. р-рителях, дизельном топливе, диспергируется в воде. Снижает межфазное натяжение на границе раздела дизельное топливо – вода до 4–5 мН/м.

Получают Э. взаимод. дистиллята таллового масла с триэтаноламином, взятых в соотношении по массе 2:1, при t-ре 155–165 °С.

Э. – эмульгатор для получения обратных (инвертных) эмульсий в нефтедобывающей пром-сти, м.б. использован как структурирующая добавка и регулятор реологич. св-в инвертно-эмульсионных буровых р-ров и др. дисперсных систем на углеводородной основе.

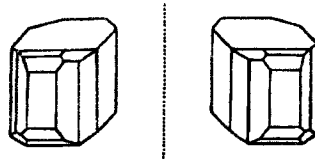
Лит.: Токунов В.И., Хейфец И.Б., Гидрофобно-эмульсионные буровые растворы, М., 1983; Файнштейн И.З., «Хим. пром-сть», 1990, № 2, с. 77–78.

Л. А. Шич.

ЭНАНТИОМЕРЫ, см. *Изомерия, Энантиоморфизм*.

ЭНАНТИОМОРФИЗМ кристаллов (от греч. enantios – находящийся напротив, противоположный и morphē – форма)

ма), свойство нек-рых кристаллов образовывать зеркально равные друг другу по строению модификации. Такие кристаллы наз. энантиоморфными. Примеры – кристаллы кварца, винной к-ты и др. орг. соединения. На рис. показаны энантиоморфные кристаллы тартрата натрия-аммония. Энантиоморфные кристаллы могут описываться точечной группой симметрии, содержащей лишь оси симметрии.



Энантиоморфные кристаллы тартрата натрия-аммония.

Индивидуальные энантиоморфные формы – энантиомеры – отличаются знаком оптич. вращения. При кристаллизации они дают рацемич. соед., твердые р-ры либо рацемич. смесь – конгломерат (см. *Рацематы*). Т-ра плавления конгломерата ниже т-ры плавления чистых энантиомеров (на диаграмме плавления – эвтектич. минимум). Часто энантиоморфные кристаллы можно различить визуально и даже разделить их вручную. В 1848 Л. Пастер впервые вручную под микроскопом разделил энантиоморфные кристаллы тартрата натрия-аммония. Совр. пример мех. разделения энантиоморфных кристаллов – расщепление кристаллов гептагелицена. С помощью энантиоморфных кристаллов, гл. обр. оптически активного кварца, можно осуществить абсолютный *асимметрический синтез*.

ЭНАНТИОТОПИЯ, см. *Топные отношения*.

ЭНДО..., см. *Экзо...*, *эндо...*.

ЭНДОДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕАЗЫ, ферменты класса гидролаз, катализирующие гидролиз фосфодиэфирных связей внутри полинуклеотидной цепи ДНК (см. *Нуклеазы*). Наиб. важная группа Э. – *рестриктазы*.

ЭНДОРФИНЫ, см. *Опиоидные пептиды*.

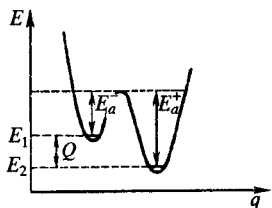
ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ в элементарных р-циях, миним. энергия реагентов (атомов, молекул и др. частиц), достаточная для того, чтобы они вступили в хим. р-цию, т. е. для преодоления барьера на пов-сти потенциальной энергии, отделяющего реагенты от продуктов р-ции. Потенциальный барьер – максимум потенциальной энергии, через к-рый должна пройти система в ходе элементарного акта хим. превращения. Высота потенциального барьера для любого пути, проходящего через переходное состояние, равна потенциальной энергии в переходном состоянии. Если в сложной р-ции, состоящей из последовательных и параллельных элементарных р-ций, имеется лимитирующая элементарная р-ция (р-ция с макс. характерным временем), то ее Э. а. является и Э. а. сложной р-ции. В макроскопич. хим. кинетике Э. а. – энергетич. параметр E_a , входящий в *Аррениуса уравнение*: $k = A \exp(-E_a/kT)$, где k – константа скорости; A – предэкспоненциальный множитель (постоянная или слабо зависящая от т-ры величина); k – константа Больцмана; T – абс. т-ра. График зависимости $\ln k$ от $1/kT$ (аррениусов график) – прямая линия. Наблюдаемая Э. а. вычисляется из тангенса угла наклона этой прямой. В общем случае сложных р-ций параметр E_a в ур-нии Аррениуса является ф-цией Э. а. отдельных стадий, и определяемая Э. а. наз. эффективной (эмпирической, кажущейся).

Любой процесс, сопровождающийся к.-л. изменением энергии, является экзотермическим в одном направлении и эндотермическим в другом. Э. а. экзотермич. и эндотермич. направлений р-ции, обозначаемые соотв. E_a^- и E_a^+ , связаны соотношением:

$$E_a^+ = E_a^- + |Q|,$$

где Q – теплота р-ции при $T = 0$. Качественная одномерная геом. иллюстрация связи Э. а. с высотой потенциального

барьера и теплотой р-ции представлена на рис., где q – координата реакции (см. также Активированного комплекса теория); E_1 и E_2 – уровни энергии соотв. основного состояния реагентов и продуктов р-ции.



Энергия. схема элементарной реакции.

Для р-ций рекомбинации своб. радикалов (в т. ч. и атомов), а также для широкого класса экзотермич. ионно-молекулярных реакций Δ а. равна нулю или очень мала по сравнению с типичными значениями энергий хим. связей $E_{\text{св}}$. Для р-ций, сопровождающихся одновременно разрывом одних и образованием других хим. связей, E_a составляет обычно от сотых до десятых долей $E_{\text{св}}$, если среди реагентов есть своб. радикалы, и сравнима с $E_{\text{св}}$, если реагенты – химически насыщенные молекулы. E_a м. б. аномально большой (напр., больше энергии возбуждения атома E^*) в р-циях тушения электронного возбуждения при столкновениях атомов: $A^* + A \rightarrow A + A$, если точка пересечения термов реагентов и продуктов р-ции расположена высоко по сравнению с E^* или термы не пересекаются.

Известны эмпирич. корреляции, устанавливающие приближенную связь между E_a и Q для однотипных р-ций, напр. правило Поляни–Семенова:

$$E_a = E_0 + \beta Q,$$

где E_0 и β – константы. Теоретич. расчеты E_a производятся приближенными методами квантовой химии. Точные последовательные квантомех. вычисления выполнены пока для систем, содержащих не более 3 электронов, напр. для 3 атомов водорода.

Для придания системе необходимой Δ а. используют нагревание, действие электромагнитного излучения и др., а также вводят катализаторы, направляющие хим. р-ции по пути с меньшей Δ а.

Лит.: Кондратьев В. Н., Никитин Е. Е., Талрозе В. Л., в кн.: Низкотемпературная плазма, М., 1967, с. 13–34; Термические бимолекулярные реакции в газах, М., 1976; Кузнецов Н. М., Савров С. Д., «Химическая физика», 1990, т. 9, № 3, с. 356–69. Н. М. Кузнецов.

ЭНКЕФАЛИНЫ, см. Опииодные пептиды.

ЭНОЛАЗА (енолаза, 2-фосфо-D-глицерат гидро-лиаза, фосфопируват-гидратаза), гликолитич. фермент класса лиаз, катализирующий обратимую р-цию отщепления воды от 2-фосфо-D-глицерата (2-фосфо-D-глицериновой к-ты) с образованием макроэргич. соед. – фосфоенолпирувата (фосфо-енолпирувиноградной к-ты; см. Гликолиз).

Мол. масса нативной Δ составляет от 80 тыс. до 95 тыс. (в зависимости от источника). Оптимум активности фермента из *Escherichia coli* (*E. coli*) находится при pH 8,1 (для ферментов из др. источников при более кислых значениях pH). Молекула Δ состоит из двух одинаковых субъединиц и содержит два активных центра. Известна первичная структура Δ из разных источников.

Для Δ характерна доменная структура. В глубокой щели между малым N-концевым и большим C-концевым доменами располагается активный центр фермента. Для проявления каталитич. активности необходимы ионы Mg, причем без них фермент не только не обладает активностью, но и диссоциирует на субъединицы. Считают, что в молекуле Δ существуют 3 категории участков связывания металлов: каталитический, ингибиторный и «конформационный». Изменение пространств. структуры фермента при связывании Mg с конформ. участком необходимо для осуществления взаимод. фермента с субстратами и конкурентными ингибиторами. Замена

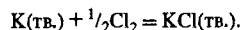
ионов Mg на ионы др. металлов приводит к снижению ферментативной активности или к ее полному исчезновению. Ионы фтора также ингибируют фермент.

Инактивация фермента наблюдается при модификации карбоксильных групп, а также остатков аргинина, гистидина и тирозина. В непосредственной близости от активного центра Δ из дрожжей расположен остаток цистеина-247, модификация к-рого приводит к инактивации фермента. Однако в ферментах животного происхождения в этом положении находится остаток валина и нет данных об участии остатков цистеина в формировании активного центра.

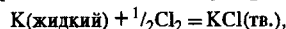
В *E. coli* обнаружена только одна форма Δ , в дрожжах – 3. Наличие множественных форм Δ (изоферментов) характерно также для тканей рыб. У термофильных бактерий найден стабильный при т-ре 70–90 °C фермент, к-рый состоит из 8 (а не из 2) субъединиц с мол. м. 40–50 тыс. и не содержит (в отличие от Δ из др. источников) цистеиновых остатков.

Лит.: Wold F., в кн.: The Enzymes, ed. by P. D. Boyer, 3 ed., v. 5, N. Y.–L., 1971, p. 499–538; Chou P. Y., Fasman G. D., «Ann. Rev. Biochem.», 1978, v. 47, p. 251–76; Lebiada L. [a.o.], «J. Biol. Chem.», 1989, v. 264, № 7, p. 3685–93. В. И. Муронец.

ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ (теплота образования), энтальпия р-ции образования данного в-ва (или р-ра) из заданных исходных в-в. Δ о. хим. соединения наз. энтальпией р-ции образования данного соед. из простых в-в. В качестве простых в-в выбирают хим. элемент в их естественном фазовом и хим. состоянии при данной т-ре. Так, при 298 К для хлора простым в-вом служит газообразный хлор, состоящий из молекул Cl_2 , а для калия – металл. К. Энтальпия образования твердого KCl при 298 К – это энтальпия р-ции:



Δ о. KCl (тв.) при 500 К соответствует р-ции:

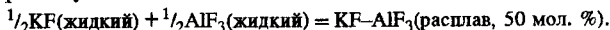


т. к. естественным фазовым состоянием (простым в-вом) для калия становится уже не кристалл, а жидкость (т-ра плавления K 336,66 К).

Δ о. может быть определена при любой т-ре. Стандартные Δ о. $\Delta H_{\text{оф}}^0$ соответствуют р-циям образования, при к-рых и простые в-ва, и получающееся соед. находятся при давлении 1 атм ($1,01 \cdot 10^5$ Па). По определению, для всех простых в-в при любой т-ре $\Delta H_{\text{оф}}^0 = 0$ (см. Стандартное состояние). Для большинства хим. соед. Δ о. – отрицат. величины.

Единицы измерения Δ о. – Дж/г, Дж/моль.

В термодинамике р-ров (расплавов) под Δ о. понимают изменение энтальпии при изотермо-изобарном образовании 1 моля (1 г) р-ра (расплава) данного состава из чистых компонентов. Так, в двухкомпонентной системе KF–AlF₃ Δ о. расплава 50%-ного молярного состава соответствует процессу:



Определение стандартных Δ о. смесей возможно при любой т-ре, как и Δ о. хим. соединений. Δ о. смеси данного состава наз. часто энтальпией смешения. Неидеальные р-ры характеризуются избыточной Δ о., к-рая представляет собой разницу между реальной Δ о. фазы данного состава и Δ о. гипотетич. идеального р-ра того же состава (см. Растворы неэлектролитов).

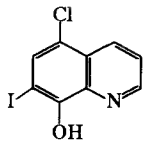
Δ о. определяют экспериментально калориметрич. измерениями. Второе и третье начала термодинамики позволяют получать Δ о. из эксперим. данных. Теоретич. расчеты Δ о. хим. соед. пока неосуществимы. Возможны эмпирич. оценки Δ о., напр., из Δ о. родственных соединений.

Δ о. хим. соединений табулированы в термодинамич. справочниках и банках информации.

М. В. Коробов.

ЭНТАЛЬПИЯ РЕАКЦИИ, см. Тепловой эффект реакции.

ЭНТЕРОСЕПТОЛ (8-гидрокси-7-идо-5-хлорхинолин), мол. м. 305,50; желтоватые кристаллы, т. пл. 180 °C (с разл.), практически не раств. в воде, плохо раств. в диэтиловом эфире, раств. в ДМФА, пиридине, горячей CH_3COOH , этилацетате, в кипящих этаноле (1:43) и хлороформе (1:120). Разлага-



ется при контакте с окислителями, темнеет на свету. Получают хлорированием 8-гидроксинолина с помощью Cl_2 и последующим иодированием разл. реагентами (в частности, смесью KI с CaOCl_2).

Э. обладает антисептич. св-вами, оказывает антибактериальное и антипротозойное действие. Первоначально применялся вместо иодоформа для дезинфекции, позднее – для лечения нек-рых желудочно-кишечных заболеваний. Практически не всасывается из желудочно-кишечного тракта и рассматривается как местнодействующий препарат. Вследствие отрицат. влияния на микрофлору кишечника и ряда побочных эффектов в нек-рых странах Э. в медицине не используют.

Л. Н. Койков.

ЭНТРОПИЯ, ф-ция состояния S термодинамич. системы, изменение к-рой dS для бесконечно малого обратимого изменения состояния системы равно отношению кол-ва теплоты δQ , полученного системой в этом процессе (или отнятого от системы), к абс. т-ре T :

$$dS = \delta Q/T. \quad (1)$$

Величина dS является полным дифференциалом, т. е. ее интегрирование по любому произвольно выбранному пути дает разность между значениями Э. в начальном (А) и конечном (В) состояниях:

$$\int_A^B dS = S_B - S_A. \quad (2)$$

Теплота не является ф-цией состояния, поэтому интеграл от δQ зависит от выбранного пути перехода между состояниями А и В.

Э. измеряется в Дж/(моль·град).

Понятие Э. как ф-ции состояния системы постулируется вторым началом термодинамики, к-рое выражает через Э. различие между необратимыми и обратимыми процессами: для первых $dS > \delta Q/T$, для вторых $dS = \delta Q/T$.

Э. как ф-ция внутренней энергии U системы, объема V и числа молей n_i i -го компонента представляет собой характеристич. ф-цию (см. *Термодинамические потенциалы*). Это является следствием первого и второго начал термодинамики и записывается ур-нием:

$$dS = (1/T)dU + (p/T)dV - \sum_i (\mu_i/T)dn_i, \quad (3)$$

где p – давление; μ_i – хим. потенциал i -го компонента. Производные Э. по естеств. переменным U , V и n_i равны:

$$\begin{aligned} (\partial S/\partial U)_{V, n_i} &= 1/T; & (\partial S/\partial V)_{U, n_i} &= p/T; \\ (\partial S/\partial n_i)_{U, V, n_{j \neq i}} &= -\mu_i/T. \end{aligned}$$

Простые ф-лы связывают Э. с теплоемкостями при пост. давлении C_p и пост. объеме C_v :

$$C_p = T(\partial S/\partial T)_p; \quad C_v = T(\partial S/\partial T)_v$$

С помощью Э. формулируются условия достижения термодинамич. равновесия системы при постоянстве ее внутр. энергии, объема и числа молей i -го компонента (изолир. система) и условие устойчивости такого равновесия:

$$(dS)_{U, V, n_i} = 0, \quad (d^2S)_{U, V, n_i} < 0.$$

Это означает, что Э. изолир. системы достигает максимума в состоянии термодинамич. равновесия. Самопроизвольные процессы в системе могут протекать только в направлении возрастания Э.

Э. относится к группе термодинамич. ф-ций, называемых ф-циями Массье–Планка. Другие ф-ции, принадлежащие к этой группе – ф-ция Массье $\Phi_1 = S - (1/T)U$ и ф-ция Планка $\Phi_2 = S - (1/T)U - (p/T)V$, м. б. получены в результате применения к Э. преобразования Лежандра.

Согласно третьему началу термодинамики (см. *Тепловая теорема*), изменение Э. в обратимой хим. р-ции меж-

ду в-вами в конденсир. состоянии, стремится к нулю при $T \rightarrow 0$:

$$\lim_{T \rightarrow 0} \Delta S = 0.$$

Постулат Планка (альтернативная формулировка тепловой теоремы) устанавливает, что Э. любого хим. соед. в конденсир. состоянии при абс. нуле т-ры является условно нулевой и м. б. принята за начало отсчета при определении абс. значения Э. в-ва при любой т-ре. Ур-ния (1) и (2) определяют Э. с точностью до постоянного слагаемого.

В хим. термодинамике широко используют след. понятия: стандартная Э. S^0 , т. е. Э. при давлении $p = 1,01 \cdot 10^5$ Па (1 атм); стандартная Э. хим. р-ции ΔS^0 , т. е. разность стандартных Э. продуктов и реагентов; парциальная молярная Э. компонента многокомпонентной системы $S_n^0 = (\partial S^0/\partial n_i)_{T, p, n_{j \neq i}}$.

Для расчета хим. равновесий применяют ф-лу:

$$-RT \ln K = \Delta G_f^0 = \Delta H_f^0 - T\Delta S_f^0,$$

где K – константа равновесия; ΔG_f^0 , ΔH_f^0 и ΔS_f^0 – соотв. стандартные энергия Гиббса, энтальпия и энтропия р-ции; R – газовая постоянная.

Определение понятия Э. для неравновесной системы опирается на представление о локальном термодинамич. равновесии. Локальное равновесие подразумевает выполнение ур-ния (3) для малых объемов неравновесной в целом системы (см. *Термодинамика необратимых процессов*). При необратимых процессах в системе может осуществляться производство (возникновение) Э. Полный дифференциал Э. определяется в этом случае неравенством Карно–Клаузиуса:

$$dS = dS_i + \delta Q/T,$$

где $dS_i > 0$ – дифференциал Э., не связанный с потоком тепла δQ , а обусловленный производством Э. за счет необратимых процессов в системе (диффузии, теплопроводности, хим. р-ции и т. п.). Локальное производство Э. $\sigma = dS/dt$ (t – время) представляется в виде суммы произведений обобщенных термодинамич. сил X_i на обобщенные термодинамич. потоки J_i :

$$\sigma = \sum_i X_i J_i.$$

Производство Э. за счет, напр., диффузии компонента i обусловлено силой $X = \text{grad}(-\mu_i/T)$ и потоком в-ва J ; производство Э. за счет хим. р-ции – силой $X = A/T$, где A – химическое сродство, и потоком J , равным скорости р-ции.

В статистич. термодинамике Э. изолир. системы определяется соотношением:

$$S = k \ln \Omega,$$

где k – постоянная Больцмана; Ω – термодинамич. вес состояния, равный числу возможных квантовых состояний системы с заданными значениями энергии, объема, числа частиц. Равновесное состояние системы отвечает равенству заселенностей единичных (невыврожденных) квантовых состояний. Возрастание Э. при необратимых процессах связано с установлением более вероятного распределения заданной энергии системы по отд. подсистемам. Обобщенное статистич. определение Э., относящееся и к неизолир. системам, связывает Э. с вероятностями разл. микросостояний след. образом:

$$S = -k \sum_i w_i \ln w_i,$$

где w_i – вероятность i -го состояния.

Абсолютную Э. хим. соед. определяют экспериментально, гл. обр. калориметрич. методом, исходя из соотношения:

$$S_f^0 = \int_{T=0K}^T (C_p/T) dT.$$

Использование второго начала позволяет определять Э. хим. р-ций по эксперим. данным (метод электродвижущих сил, метод давления пара и др.). Возможен расчет Э. хим. соед. методами статистич. термодинамики, исходя из мол. постое-

янных, мол. массы, геометрии молекулы, частоты нормальных колебаний. Такой подход успешно осуществляется для идеальных газов. Для конденсир. фаз статистич. расчет дает значительно меньшую точность и проводится в ограниченном числе случаев; в последние годы в этой области достигнуты значит. успехи.

Э. хим. соед. табулированы в справочниках. Как правило, для конденсир. фаз приводят результаты калориметрич. измерений, для газообразных – статистич. расчета.

Первая мат. формулировка второго начала термодинамики принадлежит Р. Клаузиусу (1854), к-рый ввел понятие Э. в 1865; связь Э. с вероятностью состояния системы впервые была установлена Л. Больцманом в 1872.

Лит. см. при ст. *Химическая термодинамика*.

М. В. Коробов.

ЭНТРОПИЯ АКТИВАЦИИ, см. *Активированного комплекс-а теория*.

ЭОЗИН (2,4,5,7-тетрабромфлуоресцеин, кислотный крас-ный 87), мол. м. 647,9; красно-желтые кристаллы; т. пл. 295–296 °C (с разл.); раств. в этаноле, плохо раств. в бензоле, укусовой к-те, хлороформе, не раств. в воде, диэтиловом эфире.

Э. относится к группе *ксанте-новых красителей*. Его получают действием Br_2 на флуоресцеин в присут. NaClO_3 .

Na-соль Э. – кислотный краси-тель (окрашивает натуральный шелк в ярко-розовый цвет с жел-той флуоресценцией). Применяют гл. обр. для приготовления красных чернил и карандашей, губной помады, румян, для окрашивания бумаги, моторных топлив, биол. препаратов, как компонент полиграфии, красок.

Динатриевая соль Э. (Э. желтоватый, эозин Н) – кислот-но-основной люминесцентный индикатор (хорошо раств. в воде, хуже – в этаноле; при pH 1–3 появляется зеленая люминесценция); адсорбц. индикатор для аргентометрич. опре-деления Br^- , I^- и SCN^- (цвет люминесценции меняется от красного к фиолетовому), этиловый эфир Э. – реагент для определения Pt при pH 10 [λ 555 нм; мешают Rh(III) и Fe(III)].

Лит. см. при ст. *Ксантовые красители*.

ЭПИ... (от греч. *epi* – на, рядом), приставка в названиях хим. соед., используемая: 1) для обозначения диастереомерных мо-носахаридов, отличающихся конфигурацией ближайших к альдегидной группе асимметрич. атомов (эпимерные альдозы; напр., манноза м. б. названа эпиглюкозой); 2) для обозначе-ния 1,6-дизамещенных производных нафталина; 3) для назва-ния соед., несущественно отличающихся по структуре, напр. камфора (2-борнанон) и эпикамфора (3-борнанон).

ЭПИМЕРИЗАЦИЯ, разновидность изомеризации, измене-ние конфигурации одного из хиральных центров молекулы на противоположную (обращение) (см. *Изомерия, Хиральность*). Особый случай Э. – аномеризация фураноз и пираноз – Э. по аномерному атому С (С-1; см. *Моносахариды*).

Диастереомеры, различающиеся по конфигурации только одного из неск. хиральных центров, наз. *эпимерами*.

Э. может происходить самопроизвольно или под влиянием катализаторов – щелочей, специфич. ферментов (эпимераз), в нек-рых случаях – под влиянием к-т.

Примеры эпимеров: D-глюкоза и D-манноза, различающи-еся конфигурацией атома С-2, α - и β -D-глюкозы (по С-1), D- и L-глицериновые альдегиды, D- или L-винная к-та и мезо-винная к-та, D-эритроза и D-треоза, D-ксилоза и D-ликоза (по С-2), D-ксилоза и D-рибоза (по С-3), D-ксилоза и L-ара-биноза (по С-4).

Э. характерна для алкалоидов, терпеноидов, стероидов, корриноидов и др. природных соединений.

Лит.: *Химия углеводов*, М., 1967; Стоддарт Дж., *Стереохимия угле-водов*, пер. с англ., М., 1975, с. 39; Марч Дж., *Органическая химия*, пер. с англ., т. 1, М., 1987, с. 154.

Р. А. Окунев.

ЭПИМЕРЫ, см. *Изомерия*.

ЭПИСОМА, см. *Плазмиды*.

ЭПИТАКСИЯ (от *эпи...* и греч. *taxis* – расположение, поря-док), ориентированный рост одного кристалла на пов-сти дру-гого (подложки). Различают гетероэпитаксию, когда в-ва подложки и нарастающего кристалла различны, и го-моэпитаксию (автоэпитаксию), когда они одинаковы. Ориентированный рост кристалла внутри объема другого наз. *эндотаксией*. Э. наблюдается, напр., при кристаллизации. коррозии. Определяется условиями сопряжения кристаллич. решеток нарастающего кристалла и подложки, причем суще-ственно их структурно-геом. соответствие. Легче всего со-прягаются в-ва, кристаллизующиеся в одинаковых или близ-ких структурных типах, напр. гранецентрир. куба (Ag) и ре-шетки типа NaCl, но Э. можно получить и для различающихся структур.

При описании Э. указывают плоскости срастания и направ-ления в них, напр., $[112](111)\text{Si} \parallel [1100](0001)\text{Al}_2\text{O}_3$ означа-ет, что грань (111) кристалла Si с решеткой типа алмаза нарастает параллельно грани (0001) кристалла Al_2O_3 , причем кристаллографич. направление $[112]$ в нарастающем кристалле параллельно направлению $[1100]$ подложки (см. *Кристаллы*).

Э. особенно легко осуществляется, если разность парамет-ров обеих решеток не превышает ~10%. При больших расхождениях сопрягаются наиб. плотноупакованные плоскос-ти и направления. При этом часть плоскостей одной из решеток не имеет продолжения в другой; края таких обор-ванных плоскостей образуют т. наз. дислокации несоответст-вия, обычно образующие сетку. Плотность дислокаций в сетке тем больше, чем больше разность параметров сопряга-ющихся решеток. Меняя параметр одной из решеток (добав-лением примеси), можно управлять кол-вом дислокаций в эпитаксиальном нарастающем слое.

Э. происходит таким образом, чтобы суммарная энергия границы, состоящей из участков подложка – кристалл, кри-сталл – маточная среда и подложка – среда, была минималь-ной. У в-в с близкими структурами и параметрами (напр., Au на Ag) образование границы сопряжения энергетически не-выгодно, и нарастающий слой имеет в точности структуру подложки (псевдоморфизм). С увеличением толщины упруго напряженной псевдоморфной пленки запасенная в ней энер-гия растет, и при толщинах более критической (для Au на Ag это ок. 60 нм) нарастает пленка с собств. структурой.

Помимо структурно-геом. соответствия, сопряжение дан-ной пары в-в при Э. зависит от т-ры процесса, степени пересыщения (переохлаждения) кристаллизующегося в-ва в среде, от совершенства подложки, чистоты ее пов-сти и др. условий кристаллизации. Для разных в-в и условий сущест-вует т. наз. эпитаксиальная т-ра, ниже к-рой нарастает только неориентированная пленка.

Э. обычно начинается с возникновения на подложке отд. кристалликов, к-рые срастаются (коалесцируют), образуя сплошную пленку (эпитаксиальную). На одной и той же под-ложке возможны разные типы нарастания, напр. $100\text{Au} \parallel 100\text{NaCl}$ и $[110](111)\text{Au} \parallel [110](111)\text{NaCl}$. Наблю-далась также Э. на подложке, покрытой тонкой пленкой (неск. десятков нм) С, О, O_2 и др., что можно объяснить реальной структурой кристалла подложки, влияющей на про-межут. слой. Возможно Э. на аморфной подложке, на к-рой создан кристаллографический симметричный микрорельеф (графоэпитаксия). Эпитаксиальные пленки выращива-ют методами жидкостной, газофазной и мол.-пучковой эпи-таксии (см. *Полупроводниковые материалы*), вакуумным на-пылением и др.

Э. широко используют в микроэлектронике (транзисторы, интегральные схемы, светодиоды и др.), в квантовой электр-онике (многослойные полупроводниковые гетероструктуры, инжекц. лазеры), в устройствах интегральной оптики, в вы-числит. технике (элементы памяти с цилиндрич. магнитными доменами) и т. п.

Лит.: Палатник Л. С., Папилов И. И., *Ориентированная кристалли-зация*, М., 1964; их же, *Эпитаксиальные пленки*, М., 1971; *Современная кристаллография*, т. 3, М., 1980. См. также лит. при ст. *Напыление вакуумное, Планарная технология, Химическое осаждение из газовой фазы*.

Е. И. Гиваргизов.

ЭПИХЛОРИДРИН (1-хлор-2,3-эпоксипропан, хлорметил-оксипропан), мол. м. 92,53; бесцв. жидкость с резким неприятным запахом; т. пл. -57,0 °С, т. кип. 116,11 °С; d_4^{20} 1,181; n_D^{20} 1,4381; давление пара (кПа) 0,48 (0 °С), 1,73 (20 °С), 60,65

(100 °С), 417 (170 °С); μ $6,0 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; $t_{\text{крист}}$ 327 °С, $p_{\text{крист}}$ 4,72 МПа, $d_{\text{крист}}$ 0,394 г/см³; η жидкости (МПа·с) 1,12 (20 °С), 0,48 (100 °С), пара (мкПа·с) 8,24 (20 °С), 10,68 (100 °С); γ (мН·м) 37,4 (20 °С), 26,4 (100 °С); C_p^0 [кДж/(кг·К)] жидкости 1,528 (20 °С), 1,867 (100 °С), пара 1,013 (20 °С), 1,193 (100 °С); $\Delta H_{\text{жидк}}$ (кДж/кг) 487,4 (20 °С), 435,0 (100 °С), $\Delta H_{\text{пар}}^0$ -1771 кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ -177,1 кДж/моль; коэф. теплопроводности [Вт/(м·К)] жидкости 0,142 (20 °С), 0,126 (100 °С), пара 0,0107 (20 °С), 0,0164 (100 °С); ϵ жидкости 20,8 (21,5 °С); электропроводность $3,4 \cdot 10^{-6}$ см/м (25 °С). Хорошо раств. в орг. р-рителях; р-римость в воде (% по массе) 6,55 (20 °С), 10,38 (80 °С); р-римость воды в Э. 1,42 (20 °С), 5,7 (80 °С); образует азеотропную смесь с водой (75% Э. по массе, т. кип. 88 °С), к-рая при 20 °С расслаивается: верх. водный слой содержит 5,99% Э., нижний - 98,8%.

Э. легко присоединяет HCl при обычной т-ре, образуя 1,3-дихлоридрин глицирина $\text{ClCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Cl}$; в пиридине или в конц. р-ре CaCl_2 р-ция протекает количественно и служит для определения эпоксидной группы. В присут. небольших кол-в щелочи Э. присоединяет соед. с одним или неск. подвижными атомами Н, образуя хлоридрины $\text{RCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Cl}$; при действии NH_3 или аминов дает $\text{RNHCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Cl}$ (R = Н, орг. остаток); при действии избытка щелочи при 100 °С медленно превращается в глицерин; в присут. разбавленных неорг. к-т образуется $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Cl}$. Взаимод. Э. со спиртами приводит к простым эфирам $\text{ClCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OR}$. С карбоновыми кислотами в присут. основных катализаторов (пиридин, амины и др.) или FeCl_3 Э. образует сложные эфиры, напр. с ледяной CH_3COOH при 180 °С дает 2-гидроксис-3-хлорпропилацетат; с фенолами в кислой среде при 150–160 °С дает фениловые эфиры хлоридрина, в щелочной - эфиры глицидола.

Э. вступает в р-цию конденсации с бисфенолом А, образуя диановые эпоксидные смолы. При полимеризации Э., в зависимости от условий и катализаторов, образуются каучуки.

Получают Э. дегидрохлорированием дихлоридринов глицирина: 4–5%-ный водный р-р исходных в-в с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (известковое молоко) нагревают до 100 °С, образующийся Э. быстро выводят из зоны р-ции во избежание протекания дальнейших процессов и после конденсации и отделения от водного слоя перегоняют; чистый продукт содержит более 99,5% Э.

Э. получают также эпексидированием аллилхлорида орг. гидропероксидами, напр. *трет*-бутилгидропероксидом в присут. комплексных соед. Мо при 100 °С.

Э.- промежуточный продукт при произ-ве синтетич. глицирина, эпоксидных смол, ряда ионообменных смол, *эпихлоридриновых каучуков*.

Э. легко воспламеняется, раздражает слизистые оболочки дыхат. путей, вызывает дерматиты, поражает почки и печень.

Т. всп. 26 °С (в закрытом приборе), 35 °С (в открытом приборе); т. самовоспл. 410 °С; температурные пределы воспламенения 26–96 °С; КПВ 2,3–49,0%; ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений 1 мг/м³, в воде водоемов санитарно-бытового назначения 0,01 мг/л.

Мощности по произ-ву Э. ~ 320 тыс. т в год (1990).

Лит.: Ошин Л. А., Производство синтетического глицирина, М., 1974, с. 14, 102–15; Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Ошина, М., 1978, с. 242–54. Ю. А. Треггер.

ЭПИХЛОРИДРИНОВЫЕ КАУЧУКИ, гомо- и сополимеры эпихлоридрина.

В пром-сти выпускают гомополимер эпихлоридрина общей ф-лы $\text{[CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{Cl})\text{O}]_n$, сополимер эпихлоридрина с этиленоксидом ф-лы $\text{[CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{Cl})\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}]_n$ и терполимер эпихлоридрина, этиленоксида и аллилглицидилового эфира ф-лы $\text{[CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{Cl})\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}]_n\text{CH}_2\text{—CH}(\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2)\text{O—}$ (см. табл.).

СОСТАВ И СВОЙСТВА ЭПИХЛОРИДРИНОВЫХ КАУЧУКОВ И РЕЗИН НА ИХ ОСНОВЕ

Показатель	Гомополимер	Сополимер	Терполимер
Каучуки			
	СКЭХТ*	СКЭХТ-С**	СКЭХТ-СТ***
Содержание, % по массе			
эпихлоридрина	100	68	63
этиленоксида	—	32	30–34
хлора	38	20–25	20–25
кислорода	17	23	24
неспредельных соед.	—	—	3–7
Плотн., кг/м ³	1390	1280	1240
Температура стеклования, °С	-29	-45	-55
Вязкость по Муни при 100 °С	35–100	50–80	40–80
Газопроницаемость по азоту, мл/(с·Па)	(2–4) · 10 ⁻¹⁸	—	—
Резины			
Вязкость по Муни при 100 °С	50–70	70–100	60–100
Прочность при растяжении, МПа	15–17	15–17	17–21
Относит. удлинение при разрыве, %	400	250	250–320
Сопротивление раздиру, кН/м	50–70	60–80	60–80
Твердость по Шору А	80–90	70–80	70–80
Эластичность, %	11–15	28–33	30–35
Температура хрупкости, °С	—	-(40–44)	-(40–44)
Коэф. морозостойкости при -35 °С	—	0,3	0,3
Относит. остаточная деформация после сжатия на 20% в течение 24 ч при 100 °С	—	20–25	20–30
Набухание в смеси изокта:толуол (50:50), %	1–4	8–10	15–20

* Герхлор-Н, гидрин-100, джехрон-100, эпихрома-Н. ** Герхлор-С, гидрин-200, джехрон-2000, эпихрома-С. *** Герхлор-Т, гидрин-400, эпихрома-Сг.

Э. к. синтезируют в р-ре (р-рители - ароматич. или алифатич. углеводороды, простые эфиры и их смеси с углеводородами) или в массе в присут. катализит. систем на основе триалкилалюминия при 30–70 °С и давлении 0,2–0,3 МПа в течение 8–12 ч. Стабилизируют Э. к. как неокрашивающими (замещенные фенолы), так и окрашивающими (производные вторичных ароматич. аминов) антиоксидантами.

Резиновые смеси на основе Э. к. готовят на вальцах (15–17 мин при 40–50 °С) или в резиносмесителе (7–10 мин при т-ре не выше 100 °С). Для вулканизации Э. к. применяют полиамины и тиосоединения, к-рые в присут. оксидов металлов реагируют с подвижными атомами хлора, пероксиды и серно-ускорительные смеси (см. Вулканизация). Типовая (стандартная) резиновая смесь для всех видов Э. к. (в долях по массе): каучук - 100; стеариновая к-та - 1,0; MgO (жженая магнезия) - 1,0; ZnO (цинковые белила) - 3,0–5,0; каптакс - до 0,8; тиурам - до 1,5; техн. углерод - 50; сера - до 1,0; роданин S-62 - 2,0. Для термостабилизации резин используют дибутилдитиокарбамат никеля. Резины на основе Э. к. масло-, нефте-, бензо-, газо- и озоностойки как при низких, так и при высоких т-рах. По теплостойкости превосходят резины на основе хлоропреновых, бутадиен-нитрильных и акрилатных каучуков. Резины из сополимеров эпихлоридрина имеют также удовлетворит. морозостойкость, к-рая повышается при введении сложноефирного пластификатора, напр. дибутилфталата.

Э. к. применяют для произ-ва маслостойких деталей (шланги, прокладки, рукава, манжеты, кольца, торцевые уплотнения), используемых в нефтяной пром-сти, автомобиле- и авиастроении. Гомополимер используют также как огнестойкий материал и для обкладки кабелей. Благодаря стойкости к диффузии паров масел, топлив и хладагентов Э. к. приме-

няют для изготовления деталей холодильных установок, газовых и вакуумных диафрагм.

Произ-во Э.к. малотоннажное; их выпускают в США (гидрин, герхлор) и Японии (джерон, эпихрома) соотв. в объемах 5300 и 1200 т в год (1986).

Лит.: Лысова Г.А., Хованская Н.Д., Эпихлоргидриновые каучуки, М., 1980; Горин Ю.А. [и др.], в кн.: Синтетический каучук, под ред. И.В. Гармонова, 2 изд., Л., 1983, с. 488-99. Е.С. Юрцева.

ЭПОКСИДИРОВАНИЕ, превращение двойной связи олефинов в эпоксидное (оксиановое) кольцо. Э. осуществляют, как правило, с помощью окислителей: надкислот (см. *Прилежаева реакция*), O_2 воздуха в присут. серебряного катализатора, трет-бутилгидропероксида, хромовой к-ты, гипохлорита натрия в пиридине и др. Для Э. α , β -непредельных карбонильных соед. используют H_2O_2 в щелочной среде.

Иногда термин «Э.» относят к р-циям введения атома кислорода по кратной, но не углерод-углеродной связи (напр., $C \equiv N$).

ЭПОКСИДНОЕ ЧИСЛО, количество к-ты $HNaI$ (в молях), необходимое для гидрогалогенирования α -эпоксидных групп, содержащихся в 100 г орг. в-ва. Характеризует содержание α -эпоксидных групп (этиленоксидных, пропиленоксидных или глицидиловых). Определение эпоксидных групп основано на их способности присоединять галогеноводороды при комнатной т-ре с образованием галогенгидринов. При определении Э. ч. предварительно устанавливают кислотность образца А, т.е. кол-во свободных к-т в 100 г в-ва (в молях). Гидрогалогенирование осуществляют р-ром HCl в среде абс. диэтилового эфира, ацетона, диоксана или пиридина. Избыток HCl оттитровывают р-ром $NaOH$ в присут. фенолфталеина.

Э. ч. рассчитывают по ф-ле:

$$Э. ч. = \frac{(V_2 - V_1) \cdot N}{10a} - A,$$

где V_2 и V_1 — объемы (в мл) р-ра $NaOH$, пошедшие на титрование соотв. в холостом опыте и в опыте с пробой; N — нормальность р-ра $NaOH$; a — навеска образца (в г); A — кислотность образца (в молях).

Для представления результатов в % полученное значение умножают на эпоксидный эквивалент, равный 43 для этиленоксидной и 57 для пропиленоксидной группы. Э. ч. может также выражаться кол-вом кислорода, содержащегося в эпоксидном кольце.

При определении Э. ч. по р-ции с HBr навеску образца титруют в соответствующем р-рителе уксуснокислым р-ром HBr с присут. кристаллического фиолетового. Известны также методы определения Э. ч., основанные на взаимодей. эпоксидных групп с сульфитами и тиосульфатами; хлорной к-той в присут. избытка растворимого бромиды или хлорида четвертичного аммония, а также с помощью ИК спектроскопии.

Э. ч. характеризует активность эпоксидной смолы при отверждении аминами. Его определяют как в исходных продуктах, так и в неотвержденных и отвержденных эпоксидных смолах, а также в готовых лакокрасочных материалах и покрытиях. Э. ч. в эпоксидных смолах варьирует от 0,02 до 0,5.

Н.К. Кучева.

ЭПОКСИДНЫЕ КАУЧУКИ, см. *Пропиленоксидный каучук*, *Эпихлоргидриновые каучуки*.

ЭПОКСИДНЫЕ КЛЕИ, см. *Клеи синтетические*.

ЭПОКСИДНЫЕ ЛАКИ, р-ры эпоксидных смол или продуктов их модификации в орг. р-рителях. Наиб. практич. применение находят Э.л. на основе диановых смол (мол. м. 900-4000), эпоксиэфиров, образующихся при взаимодей. смолы с ненасыщенными жирными к-тами растит. масел, а также лаки, в к-рых эпоксидные смолы сочетаются с др. пленкообразователями (напр., алкидными смолами и нитритами целлюлозы, жидкими тиоколами, дивинилацетиленовым лаком типа «этиноль» и др.).

Э. л. содержат: р-рители [простые эфиры гликолей (напр., этилцеллозоль), ароматич. углеводороды, спирты, кетоны, нитропарафины]; отвердители (полиэтиленполиамины, р-р гексаметилендиамина в этаноле, низкомогл. полиамиды, изо-

цианаты, феноло-, меламино- и мочевино-формальдегидные смолы, ангидриды карбоновых к-т); ускорители отверждения (обычно третичные амины, фенолы, фосфорная к-та); добавки, улучшающие растекание лака по пов-сти (напр., кремний-орг. жидкости); сиккативы и др.

Получают Э. л. растворением эпоксидных смол в орг. р-рителях с послед. введением добавок и отвердителей. Э. л., содержащие в качестве отвердителей полиамины, полиамиды и неблокированные изоцианаты, отверждаются при комнатной т-ре и используются для образования покрытий холодной и горячей сушки; относятся к двухкомпонентным лакам. Лаки с др. отвердителями (в т. ч. с блокированными изоцианатами) стабильны при низких и отверждаются при повышенных т-рах (120-235 °C); относятся к однокомпонентным лакам. В пром-сти применяются также Э. л., не содержащие летучих р-рителей. Такие лаки изготовляют гл. обр. на основе низковязких диановых смол (мол. м. до 900); содержат маловязкие нелетучие разбавители (напр., фенил- и бутилглицидиловые эфиры), отвердители (жидкие алифатич., ароматич. или гетероциклич. амины и их производные, кетимины, низкомогл. полиаминоимидазолины), ускорители отверждения (фенолы, третичные амины, основания Манниха, трифенилфосфит), низковязкие пластификаторы и модифицирующие добавки (напр., эпоксидные смолы на основе полиолов).

Э. л. применяют преим. для защиты металлич. пов-стей. Предварительно пов-сти из черных металлов подвергают чистке металлич. порошком или песком, пов-сти из цветных металлов — чистке песком или травлению с послед. тщательным обезжириванием. Наносят в 1-2 слоя, обычно с сушкой каждого слоя.

Покрyтия из Э. л. обладают высокой адгезией к металлу, хорошими мех. и электроизоляц. св-вами, стойки к действию разб. р-ров щелочей и к-т, ионизирующему излучению; термостойки до 130-160 °C (лаки с полиамидными и ангидридными отвердителями — до 200 °C). Осн. недостаток — невысокая атмосферостойкость, обуславливающая ухудшение внеш. вида при эксплуатации.

Э. л., а также грунтовки, шпатлевки и эмали на их основе применяют для защиты резервуаров, в к-рых хранят и транспортируют агрессивные в-ва, хим. и мед. аппаратуры, холодильников, стиральных машин, консервной тары и др.

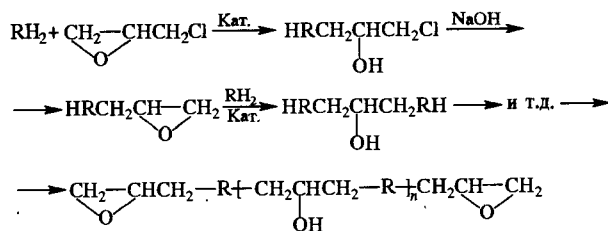
Лит.: Благонравова А.А., Непомнящий А.И., Лаковые эпоксидные смолы, М., 1970; Гольдберг М.М., Материалы для лакокрасочных покрытий, М., 1972. См. также лит. при ст. *Эпоксидные смолы*.

ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ, олигомеры, содержащие в молекуле одну или более глицидиловых $-CH_2-\underset{\text{O}}{\underset{|}{C}}-CH_2-$ либо

эпоксидных $\begin{matrix} >C & - & C< \\ & \diagdown & / \\ & O & \end{matrix}$ групп; способны под действием отвер-

дителей превращаться в сшитые (сетчатые) полимеры. Эпоксидные группы могут находиться в алифатич. циклах или цепях, глицидиловые — чаще всего на концах цепей.

Э. с., содержащие в молекуле глицидиловых групп, синтезируют из эпихлоргидрина (иногда глицидола) и соед. с активным атомом водорода (спирты, фенолы, тиофенолы, карбоновые к-ты, амины, амиды и т. п.):

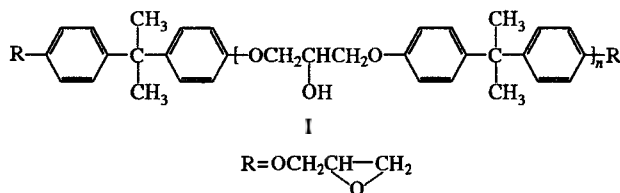


Присоединение эпихлоргидрина с раскрытием цикла и образованием 1,2-хлоргидрина происходит под действием оснований, к-т или солей; дегидрохлорирование промежут. 1,2-хлоргидрина протекает в присут. оснований и приводит к образованию глицидиловых концевых групп, дальнейшее взаимодей.

к-рых с соед., содержащими активный атом Н, дает Э. с. Олигомеры с концевыми глицидиловыми группами обычно получают в избытке эпихлоргидрина.

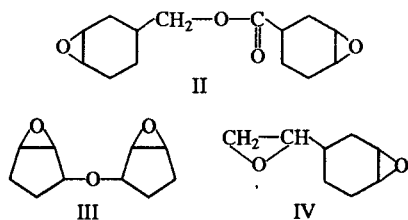
В ходе синтеза Э. с. протекает также ряд побочных р-ций: гидролиз и алколиз эпихлоргидрина и образующихся глицидиловых групп, полимеризация и изомеризация эпосигрупп в карбонильные, аномальное раскрытие цикла эпихлоргидрина с образованием 1,3-хлоргидрина.

Наиб. распространены Э. с. на основе 2,2-ди(4-гидроксифенил)пропана (дифенилолпропана, диана, бисфенола А) — т. наз. диановые Э. с. общей ф-лы I.



При синтезе низкомолекулярных диановых смол (молекулярная масса 350–450) молярное соотношение дифенилолпропана и эпихлоргидрина 1:(8–10). Смесь в-в нагревают до кипения и постепенно (5–8 ч) добавляют к ней 40%-ный водный р-р NaOH; непрореагировавший эпихлоргидрин и воду непрерывно отгоняют из зоны р-ции в виде азетропной смеси. Э. с. с молекулярной массой 500–1000 получают аналогичным способом, но при молярном соотношении 1:(1,5–1,9); процесс ведут в присут. р-рителей — ксилола, толуола либо их смесей с бутиловым спиртом или циклогексаном. Э. с. с молекулярной массой 1000–3500 синтезируют поликонденсацией низкомолекулярных эпосидных олигомеров с дифенилолпропаном в расплаве при 140–210 °C (катализаторы — третичные амины, мочевины, Na_2CO_3). Диановые Э. с. — вязкие жидкости или твердые хрупкие в-ва от светло-желтого до коричневого цвета; раств. в толуоле, ксилоле, ацетоне, метилэтилкетоне, метилизобутилкетоне и их смесях со спиртами, напр. бутиловым (табл.).

Э. с. с эпосидными группами в алифатич. циклах или цепях получают окислением (эпоксидированием) ненасыщенных соед. надкислотами (напр., надуксусной к-той). Практич. значение имеют диэпосиды тетрагидробензильного эфира тетрагидробензойной к-ты (II), дициклопентенилового эфира (III), 4-винилциклогексена (IV), эпоксидированные олигомеры дивинила. Эти Э. с. — высоковязкие жидкости, р-римые в большинстве полярных р-рителей.



Ярко выраженный полярный характер связи С—О в эпосидном цикле в сочетании с его высокой напряженностью обуславливает способность Э. с. раскрывать цикл под дей-

ствием нуклеоф. и электроф. реагентов (отвердителей) с образованием твердых сетчатых полимеров. В качестве нуклеоф. отвердителей используют алифатич. и ароматич. первичные и вторичные ди- и полиамины, многоосновные к-ты и их ангидриды, многоатомные спирты, фенолы и их тиопроизводные, а также полиамиды, феноло-формальдегидные смолы резольного и новолачного типа, третичные амины и их соли; в качестве электроф. отвердителей — к-ты Бренстеда и Льюиса, способные образовывать с эпосидным циклом триалкилосониевый ион. Процесс отверждения нуклеоф. агентами протекает по механизму р-ции поликонденсации или анионной полимеризации, электрофильными — только по механизму катионной полимеризации.

Для получения эпосидных композиций пониженной вязкости используют т. наз. жидкие отвердители (аминоэфиры, жидкий изомер метилтетрагидрофталевый ангидрида) в сочетании с химически активными разбавителями, содержащими эпосидные группы (напр., с глицидиловыми эфирами глицерола, алкилфенолов и разветвленных карбоновых к-т, эпоксидированными маслами и терпенами). Для увеличения вязкости в композиции вводят высокомолекулярные соед. (напр., поливинилбутираль) или мелкодисперсные наполнители (напр., аэросил) в кол-ве 3–5%.

Различают низко- и высокотемпературные процессы отверждения Э. с. Процесс низкотемпературного («холодного») отверждения (~20 °C) обычно проводят с использованием алифатич. полиаминов или продуктов их конденсации с фенолом, формальдегидом и многоосновными карбоновыми к-тами; глубина отверждения обычно не превышает 65–70%; система достигает полной конверсии лишь при послед. прогревании при 50–100 °C в течение 2–12 ч.

При высокотемпературном («горячем») отверждении основ. отвердители — ароматич. полиамины (м-фенилендиамин, 4,4'-диаминодифенилметан, 4,4'-диаминодифенилсульфон), феноло- и мочевиноальдегидные смолы, ди- и поликарбоновые к-ты и их ангидриды [гл. обр. фталевый, метилтетрагидрофталевый, гексагидрофталевый, малеиновый, эндометилтетрагидрофталевый (эндиксый) и их смеси]; в качестве катализаторов иногда используют малолетучие третичные амины и их соли. Проводят горячее отверждение при 100–300 °C в течение неск. секунд (в тонких слоях) или неск. часов.

Отвержденные Э. с. имеют микрогетерогенную структуру глобулярного типа, формирование к-рой наблюдается уже в жидкой фазе на начальных стадиях отверждения; размер частиц зависит от состава неотвержденной Э. с. и условий отверждения, уменьшаясь с возрастом т-ры. Ниже приведены нек-рые св-ва отвержденных диановых Э. с.:

Плотн. при 20 °C, г/см ³	1,16–1,25
Т-ра стеклования, °C	60–180
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,17–0,19
Уд. теплоемкость, кДж/(кг·К)	0,8–1,2
Температурный коэф. линейного расширения, град ⁻¹	(45–65)·10 ⁻⁶
Теплостойкость по Мартенсу, °C	55–170
Относит. удлинение, %	0,5–6
Диэлектрич. проницаемость (20 °C, 1 МГц)	3,5–5
Тангенс угла диэлектрич. потерь (20 °C, 1 МГц)	0,01–0,03
Уд. электрич. сопротивление (20 °C), Ом·см	10 ¹⁴ –10 ¹⁶
Ударная вязкость, кДж/м ²	5–25
Влагопроницаемость, г/см·ч·мм рт. ст.	2,1·10 ⁻¹⁰
Коэф. диффузии воды, см ² /ч	до 10 ⁻⁶

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ДИАНОВЫХ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

Молекулярная масса	Содержание эпосидных групп, % по массе	Содержание гидроксильных групп, % по массе	Содержание полимер-гомологов разл. степени полимеризации, % по массе				Средняя функциональность по эпосидным группам, f_n	Агрегатное состояние и вязкость η , Па·с
			$n=0$	$n=1$	$n=2$	$n>3$		
350–400	21,5–24,8	0,1–0,8	85–92	8–15	2–3	0	1,95–2,0	Жидкость, 0,8–2
400–600	14,5–21,5	0,8–2,5	50–85	15–20	8–10	5–10	1,90–1,95	Вязкая жидкость, 20–60 (40 °C)
600–800	10–14,5	2,5–4,6	20–50	12–16	8–11	45–50	1,85–1,9	Высоковязкая жидкость, 2 (100 °C)
800–1000	8–10	4,6–5,1	18–20	12–14	9–12	55–60	1,8–1,85	Твердое в-во, т. размягч. 50–55 °C
1000–1400	6–8	5,1–6,0	8–18	7–9	8–10	70–75	1,7–1,8	Твердое в-во, т. размягч. 55–70 °C
1400–1800	4–6	6,0–6,5	4–6	6–8	8–10	80–85	1,6–1,7	Твердое в-во, т. размягч. 70–85 °C
1800–3500	2–4	6,5–6,8	2–4	3–5	5–8	83–90	1,4–1,6	Твердое в-во, т. размягч. 85–100 °C

По прочностным показателям продукты отверждения Э. с. превосходят применяемые в пром-сти материалы на основе др. синтетич. смол. Так, прочность при растяжении может достигать 140 МПа, при сжатии — 40 МПа, при изгибе — 220 МПа; модуль упругости ~ 50 ГПа.

В композиции на основе Э. с. перед отверждением обычно вводят пластификаторы, не содержащие реакционноспособных групп, и разл. наполнители — порошки, высокопрочные и высокомодульные сплошные и рубленые волокна из ткани, стекловолокна и др. материалов (см. *Композиционные материалы*).

Композиции холодного отверждения используют в качестве клеев, герметиков, заливочных компаундов, эпоксидных лаков, эмалей и др. защитных покрытий в случаях, когда по условиям эксплуатации нежелателен нагрев. Композиции горячего отверждения применяют в качестве связующих для высокопрочных армированных пластиков, композиционных высокотемпературных материалов, дорожных покрытий, клеев, электроизоляционных и нек-рых лакокрасочных материалов.

Мировое произ-во Э. с. превышает 1 млн. т в год.

Лит.: Ли Г., Невилл К., *Справочное руководство по эпоксидным смолам*, пер. с англ., М., 1973; Розенберг Б. А., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева», 1989, т. 34, № 5, с. 453–59; Epoxy resins: chemistry and technology, ed. by C. A. May, 2 ed., N. Y. — Basel, 1988.

М. А. Маркевич, Б. А. Розенберг.

ЭРБИЙ (от назв. селения Йттербю, Ytterby в Швеции; лат. Erbium) Er, хим. элемент III гр. периодич. системы, относится к *редкоземельным элементам*; ат. н. 68, ат. м. 167,26. В природе 6 стабильных изотопов: ^{162}Er (0,14%), ^{164}Er (1,61%), ^{166}Er (33,6%), ^{167}Er (22,95%), ^{168}Er (26,8%), ^{170}Er (14,9%). Конфигурация внеш. электронных оболочек атома $4f^{12}5s^25p^66s^2$; степени окисления +3, редко +1; энергии ионизации при последоват. переходе от Er^0 к Er^{3+} равны соотв. 6,10, 11,93, 22,74, 42,65, 65,1 эВ; электроотрицательность по Полингу 1,24; атомный радиус 0,175 нм, ионные радиусы Er^{3+} (в скобках даны координац. числа) 0,103 (6), 0,109 (7), 0,114 (8), 0,120 (9) нм.

Содержание в земной коре $3,3 \cdot 10^{-4}\%$ по массе, в морской воде $6 \cdot 10^{-7}$ мг/л. Вместе с др. РЗЭ содержится в минералах ксенотим, экскенит, монацит, бастнезит, лопарит, ортит и др.

Свойства. Э. — серебристо-белый металл, имеет одну кристаллич. модификацию структурного типа Mg с гексагон. кристаллич. решеткой, $a = 0,35588$ нм, $c = 0,55874$ нм, $z = 2$, пространств. группа $P6_3/mmc$; т. пл. 1522°C , т. кип. 2510°C ; плотн. $9,062$ г/см 3 ; C_p 28,12 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{возг}}^0$ 316,5 кДж/моль; S_{298}^0 73,18 Дж/(моль·К); давление пара при т-ре плавления

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭРБИЯ

Показатель	Er_2O_3	ErF_3	ErCl_3
Цвет	Светло-розовый	Светло-розовый	Розово-фиолетовый
Сингония	Кубич. Моноклинная	Ромбич. Тригон. Моноклинная	
Параметры ячейки:			
a, нм	1,0547	1,387	0,63354
b, нм	—	0,3470	0,4024
c, нм	—	0,8555	0,4125
угол, град	—	100,17	—
Число формульных единиц в ячейке	16	6	4
Пространственная группа	$Ia\bar{3}$	$C2/m$	$Pnma$
T. пл., $^\circ\text{C}$	2380	1020 ^a (3 МПа)	1117 ^a
T. кип., $^\circ\text{C}$	< 3500	—	1146
C_p , Дж/(моль·К)	108,5	—	100,8
$\Delta H_{\text{обр}}^0$, кДж/моль	-1897,86	—	-1698
S_{298}^0 , Дж/(моль·К)	154,3	—	121,3
$\Delta H_{\text{возг}}^0$, кДж/моль	—	—	462,3
			280,9

^a Т-ра полиморфного перехода. ^b ΔH полиморфного перехода.

ления 2–8 МПа; температурный коэф. линейного расширения $1,23 \cdot 10^{-5}$ К $^{-1}$; ρ $8,5 \cdot 10^{-7}$ Ом·м; парамагнетик, магн. восприимчивость $+2,63 \cdot 10^{-7}$; ферромагнетик ниже 20 К (точка Кюри); антиферромагнетик ниже 84 К (т-ра Нееля); модуль упругости 74,8 ГПа, модуль сдвига 30,2 ГПа; коэф. Пуассона 0,238; $\sigma_{\text{раст}}$ 286 МПа. Легко поддается мех. обработке (инертная атмосфера).

На воздухе компактный Э. окисляется медленно, при нагреве во влажном воздухе неск. быстрее, с минеральными к-тами дает соли, кипящей водой медленно окисляется, взаимодей. с O_2 , галогенами, халькогенами, N_2 и H_2 при нагреве, давая соед. $\text{Er}(\text{III})$. В водных средах Э. существует в виде гидратир. ионов Er^{3+} . С разл. орг. и неорг. лигандами ион $\text{Er}(\text{III})$ образует соед. с координац. числами от 9 до 15. По хим. св-вам подобен др. лантаноидам (III). $\text{Er}(\text{I})$ известен только в гидролитических неустойчивых галогенидных кластерах типа ErX , Er_4X_5 , Er_7X_{10} , Er_8X_7 и т. п., где $\text{X} = \text{Cl}$, Br , I , образующихся при взаимодей. металлич. Э. с ErX_3 . Соед. $\text{Er}(\text{III})$ окрашены в розовый цвет, моногалогениды имеют черную окраску.

Сесквioxид Er_2O_3 (табл.) получают разложением $\text{Er}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Er}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Er}_2(\text{CrO}_4)_3$, или др. солей на воздухе обычно при 800–1000 $^\circ\text{C}$; компонент спец. керамич. люминофоров, лазерных стекол; временно допустимая концентрация в воздухе 4 мг/м 3 .

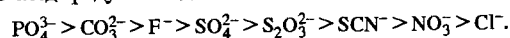
Трифторид ErF_3 получают взаимодей. Er_2O_3 с HF-газом при 500 $^\circ\text{C}$, термич. разложением фторамоновых солей, напр. $(\text{NH}_4)_3\text{ErF}_6$, при 400–500 $^\circ\text{C}$ в атмосфере Ar , N_2 ; применяют для получения чистого металлич. Э. металлотермич. способом, в качестве компонента твердых электролитов. Трихлорид ErCl_3 сильно гигроскопичен; получают взаимодей. смеси Cl_2 и CCl_4 с оксидом ири оксалатом Э. выше 200 $^\circ\text{C}$, хлорированием Э. и др.; применяют для получения металлоорг. соед. Э. и металлич. Э. металлотермически или электрохимически.

Получение и применение. Э. из прир. смеси РЗЭ выделяют методами экстракции и хроматографии. Дальнейшую очистку, как правило, проводят хроматографически. Металлич. Э. получают из фторида и хлорида металлотермически или электрохимически. Выпускают в небольших масштабах и используют гл. обр. в исследоват. целях как активатор люминесценции (в т. ч. в твердотельных лазерах), для изготовления магн. материалов (сплавы с Fe, Co, Ni, Re).

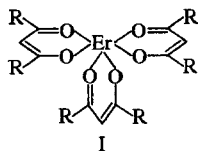
Э. был открыт К. Мосандером при исследовании эрбиевых концентратов в 1843.

Комплексные соединения Э. характеризуются чаще всего высокими координац. числами (вплоть до 12), что обусловлено большими размерами ионов $\text{Er}(\text{III})$. Для координац. соед. Э. известны октаэдрические, пентагонально-бипирамидальные, додекаэдрические, икосаэдрические, призматические и др. координац. полиэдры. Хим. связь эрбий-лиганд преим. ионная, эффективные заряды на атоме Э. в соед. от +2,5 до +2,7, т. е. имеется нек-рый вклад ковалентной составляющей. Ковалентность увеличивается в ряду РЗЭ по мере уменьшения размера ионов РЗЭ(III) и для Э. существенно более значима по сравнению с легкими РЗЭ (лантаном, неодимом).

Комплексные соед. Э. имеют относительно высокие константы устойчивости, что в особенности характерно для соед. с полидентатными лигандами. Из неорг. производных наиб. важны гидроксокомплексы состава $[\text{Er}(\text{H}_2\text{O})_m(\text{OH})_n]^{3-n}$, где $n = 1-3$, $m = 2-6$, галогенидные комплексы, как катионные (напр., состава $[\text{MX}]^{2+}$), так и анионные (напр., $[\text{MX}_4]^-$, $[\text{MX}_5]^{2-}$, $[\text{MX}_6]^{3-}$, где X — галоген), нитратные, сульфатные, фосфатные и т. д. Стабильность ацидокомплексов уменьшается в след. ряду лигандов:



Из комплексов с орг. лигандами перспективны β -дикетонаты, используемые для группового разделения РЗЭ путем фракционной сублимации. В этих случаях чаще всего применяют дипивалоилметанаты [ф-ла I; $\text{R} = (\text{CH}_3)_3\text{C}$] или ацетил-ацетонаты (I; $\text{R} = \text{CH}_3$). Используются, кроме того, комплек-



сы с дикарбоновыми к-тами (оксалаты, малонаты, сукцинаты и др.), монокрбоновыми к-тами (вплоть до C_{30}), с аминами, а также комплексонаты. Последние применяют в технологии разделения и глубокой очистки РЗЭ методами ионного обмена, экстракции.

Получают комплексные соед. Э. (как и других РЗЭ) взаимодей. оксидов, гидроксидов, а также р-ров солей Er(III) с соответствующими лигандами с послед. кристаллизацией при упаривании р-ра или высаливании из него. Применяют их в технологии разделения и очистки собственно РЗЭ, при отделении лантаноидов и актиноидов и др. Чаще всего эти соед. в технол. практике являются полупродуктами при получении разнообразных материалов, в т. ч. галогенидных, оксидных и др. стекол, керамик со св-вами высокотемпературных сверхпроводников и др.

Химия других, по крайней мере тяжелых, РЗЭ подобна химии комплексных соед. Э.

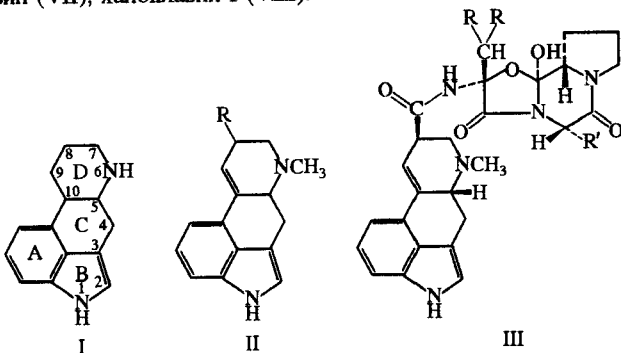
Л. И. Мартыненко, Ю. М. Киселев, С. Д. Моисеев.

ЭРГОАЛКАЛОИДЫ, индольные алкалоиды, выделенные из «ergo» – высушенной зрелой формы (склеротии) гриба спорыньи (*Claviceps purpurea*) семейства Нуроцеасеае. Спорынья паразитирует на ржи, др. злаках и ряде дикорастущих трав. Э. обнаружены также в грибах родов *Aspergillus*, *Penicillium* и др., а также в растениях семейства бьюнковых (*Convolvulaceae*). Из разных источников получают разл. типы Э.

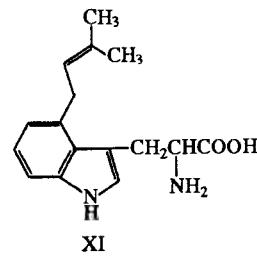
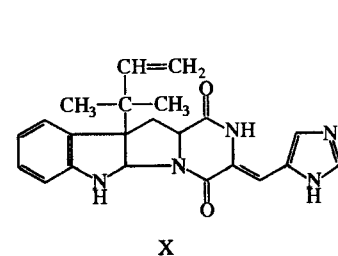
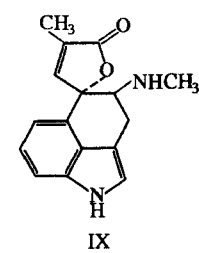
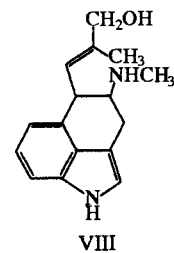
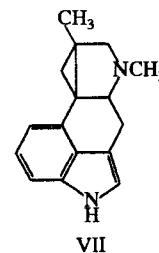
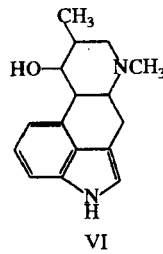
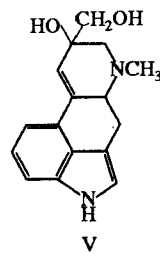
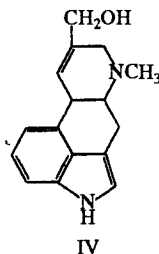
Э. включают более 60 представителей. Большинство из них – производные эрголина (ф-ла I). Различают две осн. группы Э. К первой относятся амиды лизергиновой к-ты (II; $R = COOH$), выделенные из грибов, паразитирующих на злаках. Эта группа включает растворимые в воде алкалоиды, в частности эргоновин [эргометрин; ф-ла II; $R = C(O)NHCH(CH_3)CH_2OH$], и т. наз. пептидные Э., нерастворимые в воде. Примеры последних – эрготамин (III; $R = H$, $R' = CH_2C_6H_5$), эргокрисин (III; $R = CH_3$, $R' = CH_2C_6H_5$), эргокорнин (III; $R = CH_3$, $R' = CH(CH_3)_2$), эргокриптин (III; $R = CH_3$, $R' = CH_2CH(CH_3)_2$).

При выделении Э. первой группы из свежеприготовленного сырья в мягких условиях получают фармакологически высокоактивные производные лизергиновой к-ты, к-рые, как правило, левовращающие. Использование лежалого сырья или жестких условий выделения приводит к диастереомерам (по атому C-8), к-рые являются правовращающими и фармакологически малоактивными. Называют их, используя окончание «инин», напр. малоактивный изомер эргокрисина – эргокрисинин. В щелочной среде наблюдается взаимопревращение диастереомеров.

Вторая группа включает Э. клавинового типа, к-рые специфичны для грибов, паразитирующих на дикорастущих травах, реже – на ржи, а также высш. растениях. Клавиновые Э. – производные лизергола (II; $R = CH_2OH$) или лизергина (II; $R = CH_3$). К ним относятся, в частности, элимоклавин (IV), пенниклавин (V), изофумигаплавин-А (VI), циклоплавин (VII), ханоклавин-1 (VIII).



Нек-рые грибы продуцируют Э. необычного строения, к-рые не относятся ни к одной из названных групп. Так, из



Penicillium concavo-rugulosum выделен (наряду с VIII) рутуловизин-А (IX), а из *Penicillium roqueforti* – рокефортин (X) в смеси с VI.

Строение Э. устанавливали по продуктам гидролиза и окисления, а также в результате их исследований методами спектрального и рентгеноструктурного анализа. Многие Э. синтезированы.

Биогенетич. предшественник Э. – триптофан. Из культуры *Claviceps fusiformis* выделено N-метильное производное образующегося в ходе биосинтеза 4-(3-метил-2-бутенил)триптофана (XI). Дальнейшие превращения последнего приводят к клавиновым алкалоидам и лизергиновой к-те, к-рая взаимодей. с пептидами, одновременно образующимися из соответствующих аминокислот.

В пром-сти Э. получают из склеротий спорыньи (содержащей до 0,3% алкалоидов) или синтетически. Для определения Э. используют р-ции, приводящие к образованию окрашенных соед., напр. с *n*-диметиламинобензальдегидом в сернокислом р-ре Э. дают характерное голубое окрашивание.

Массовые заболевания (эпилептич. конвульсии, гангрена конечностей), вызванные употреблением в пищу зараженного спорыньей зерна, были известны еще в средние века. Спектр фармакологич. действия Э. и их производных чрезвычайно широк. Среди них встречаются антагонисты адреналина, серотонина, ингибиторы пролактина. В медицине Э. применяют как маточные и успокаивающие средства, а также как средства против тахикардии, мигрени, аллергии, гипертонии. Эргоновин (в виде соли малеиновой к-ты) останавливает послеродовые кровотечения. Эрготоксин – смесь эргокрисина, эргокорнина и эргокриптина – обладает сильным симпатолитич. действием. Дигидроэрготоксин – смесь соответствующих 9,10-дигидропроизводных – применяется при лечении сосудистых заболеваний. *Лизергиновой кислоты диэтилаид* – один из самых сильных галлюциногенов.

Лит.: Stoll A., Hofmann A., в кн.: *The Alkaloids*, ed. by R. H. F. Manske, v. 8, N. Y., 1965, p. 725–83; Stadler P. A., Stütz P., в кн.: *The Alkaloids*, ed. by R. H. F. Manske, v. 15, N. Y., 1975, p. 1–40.

А. А. Ибрагимов.

ЭРГОТАМИН (ф-лу см. в ст. *Эргоалкалоиды*), мол.м. 581,68; пептидный алкалоид, продуцируемый спорыньей (*Claviceps purpurea*). Бесцв. кристаллы; т. пл. 212–214 °С (из бензола); $[\alpha]_D^{20} -160^\circ$ (CHCl_3), $-12,7^\circ$ ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$); раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде. Э. легко (напр., при кристаллизации) переходит в диастереомер по атому С-8 – эрготаминин, т. пл. 241–243 °С; $[\alpha]_D^{20} +369^\circ$ (CHCl_3). Обратный переход происходит при осаждении сульфата Э. из ледяной CH_3COOH .

Э. – основание, образует соли по атому N-6: тартрат ($\text{C}_{33}\text{H}_{32}\text{N}_6\text{O}_6 \cdot \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6 \cdot 2\text{CH}_3\text{OH}$, т. пл. 203 °С; гидрохлорид, т. пл. 212 °С (с разл.); малеат, т. пл. 195–197 °С (с разл.); фосфат, т. пл. 200 °С (с разл.); сульфат, т. пл. 207 °С (с разл.). При щелочном гидролизе Э. распадается на лизергиновую к-ту, L-пролин, L-фенилаланин, пировиноградную к-ту и аммиак.

Осуществлен лаб. синтез Э. В пром-сти его получают из склеротий спорыньи, к-рой специально заражают посевы ржи.

Э. оказывает продолжит. стимулирующее действие на гладкую мускулатуру матки, проявляет кровоостанавливающий эффект. В медицине Э. используют в виде тартрата как маточное ср-во и ср-во против мигрени. Э. входит в состав многих лек. препаратов, применяемых при вегетативных дистониях, неврозах, гипертонии, мигрени. ЛД₅₀ 60 мг/кг (мышь, внутривенно), 3,5 мг/кг (кролики, внутривенно), 11 мг/кг (кошки, подкожно).

Лит.: Садригдинов Ф.С., Курмуков А.Г., Фармакология растительных алкалоидов и их применение в медицине, Таш., 1980.

А.А. Ибрагимов.

ЭРИТРИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ, выделяют в осн. из растений рода эритрина (*Erythrina*) семейства бобовых (*Leguminosae*, или *Fabaceae*), рода коккулюс (*Cocculus*) и гипербаена (*Hyperbaena*) семейства луносемянниковых (*Menispermaceae*); гомоэритриновые алкалоиды – из рода феллине (*Phelline*) семейства *Phellinaceae*, рода *Dysoxylum* семейства *Meliaceae* и родов *Athrotaxis* и *Cephalotaxus* семейства *Taxodiaceae*. Известно более 100 представителей Э.а.

В основе строения Э.а. лежит, как правило, тетрациклич. спироамин. Э.а. в зависимости от числа атомов углерода в кольце С (ф-ла I) делят на две группы: собственно Э.а. ф-л I–III ($n=1$), IV и гомоэритриновые ф-л I–III ($n=2$), V. В свою очередь каждую группу делят на 3 подгруппы в зависимости от строения кольца D.

В первую подгруппу обеих групп входят алкалоиды, имеющие ароматич. кольцо D; различаются *цис*- или *транс*-соединением колец А и В, количеством двойных связей и их положением ($\Delta^{1(6)}$, Δ^1 , Δ^6) и наличием заместителей при углеродных атомах 2, 3, 15, 16, 17 (свободная или этерифи-

цированная гидроксигруппа, а также метокси- и метилendioксигруппы). Пример – кокулин ф-лы I, где $\text{R}^1 = \text{R}^4 = \text{R}^5 = \text{H}$, $\text{R}^2 = \text{OCH}_3$, $\text{R}^3 = \text{OH}$, $n=1$, двойная связь $\Delta^{1(6)}$.

Ко второй подгруппе относятся алкалоиды с пиридиновым кольцом D. Различаются наличием заместителей и двойных связей в кольцах А и В. Все в-ва этой подгруппы содержат в положении 3 метоксигруппу и часто в положении 15 – метоксикарбонильную группу. Пример – эримелантин ф-лы II, где $\text{R} = \text{COOCH}_3$, $\text{X} = \text{H}$, $n=1$.

Третью подгруппу составляют алкалоиды, содержащие лактоновое шестичленное, напр. α,β -эритроидины ф-лы III ($n=1$, Δ^{12}), или пятичленное кольцо, напр. кокулолидин ф-лы IV, либо фурановое кольцо, напр. селлагинидин ф-лы V.

Многие эритриновые и гомоэритриновые алкалоиды синтезируются. Их биосинтез проходит параллельно с промежуточ. образованием соед. ф-лы VI, причем предшественниками являются в случае Э.а. 1-бензилоксиголины, а в случае гомоэритриновых – 1-фенилтизолины.

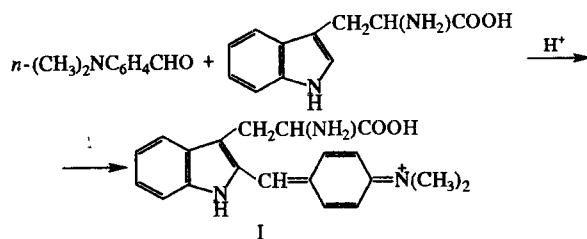
Э.а. обладают седативным, гипотензивным, ганглио-блокирующим, спазмолитич., а также курареподобным действием.

Лит.: Jackson A., в кн.: The chemistry and biology of isogonoline alkaloids, В.- [а.о.], 1985, р. 62–79; Chawla A., Jackson A., «Natural Product Reports», 1986, в. 3, р. 555–64.

В.И. Виноградова.

ЭРИТРИЗОМЕРЫ, см. *Изомерия*.

ЭРЛИХА РЕАКЦИЯ, взаимодействие 4-диметиламинобензальдегида (т. наз. реагент Эрлиха) с триптофаном или его остатками в белках (пептидах) по схеме:



Р-цию осуществляют в кислой среде. Образующееся соед. ф-лы I обуславливает красно-фиолетовое или пурпурное окрасивание.

Э. р. применяют для обнаружения и определения триптофана, в т.ч. в белках и пептидах (в условиях Э. р. ароматич. амины и цитруллин дают желтую окраску, гидроксикинуренин, кинуренин и 2-амино-3-гидроксиацетофенон – оранжевую).

Р-ция предложена П. Эрлихом в нач. 20 в.

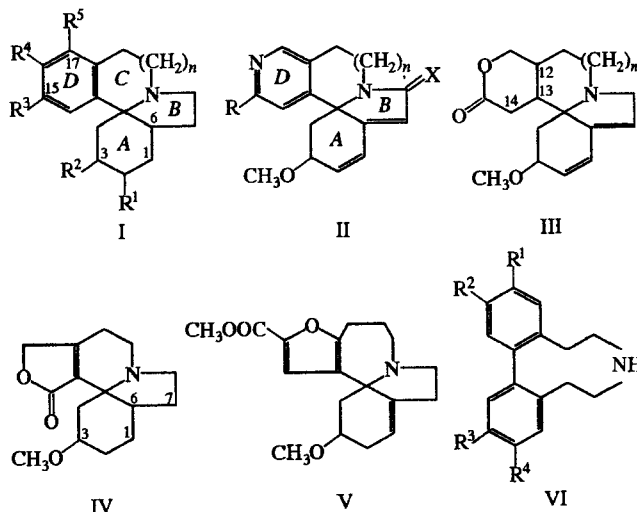
Лит.: Справочник биохимика, пер. с англ., М., 1991, с. 392. В.В. Баяев.

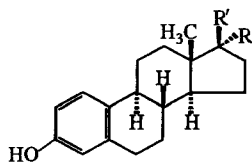
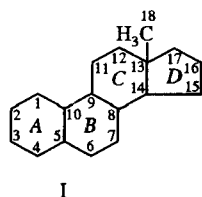
ЭСТРОГЕНЫ (эстрогенные гормоны) (от греч. oistros – возбуждение и gênos – род, происхождение), группа *стероидных гормонов*, регулирующих формирование и функционирование женских половых органов и молочных желез, развитие вторичных половых признаков, нек-рые стороны психофиз. состояния организма млекопитающих, а в комплексе с *гестагенами* – беременность и лактацию.

Э. относятся к C_{18} -стероидам, в основе к-рых лежит скелет эстрана (ф-ла I). Названия Э. по номенклатуре ИЮПАК включает корень «эстр» с окончаниями, отражающими набор содержащихся в молекуле заместителей.

Э. обнаружены в нек-рых высших растениях, преим. в цветках и плодах, напр. в плодах кокосовой пальмы, плодах и цветках ивы и пшеницы. Осн. прир. Э.– 3-гидроксистер-1,3,5(10)-триен-17-он, или эстрон (ф-ла II; т. пл. 259–260 °С), и эстра-1,3,5(10)-триен-3,17β-диол, или эстрадиол (III; т. пл. 177–179 °С), впервые были выделены гидролизом мочи жеребых кобыл или беременных женщин.

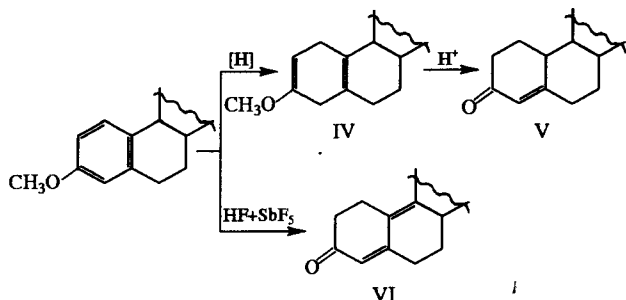
Прир. Э. содержит фенольное кольцо и являются производными эстра-1,3,5(10)-триена, в к-ром имеются 4 асимметрич. атома углерода. Прир. Э. имеют 8β-, 9α-, 13β-, 14α-конфи-





гурации асимметрич. центров, где буквами α и β обозначают заместители, расположенные соотв. за и перед плоскостью скелета молекулы. Другие стереоизомеры – менее или совсем биологически неактивны.

Ароматич. кольцо А в Э. довольно легко восстанавливается этилатом Li в жидком NH₃, напр. в случае 3-метилового эфира эстрадиола образуется диен IV, гидролизующийся в присут. к-т в 19-нортестостерон V, из к-рого в дальнейшем получают анаболич. стероиды; при действии на этот же эфир сверхкислоты (HF + SbF₅) происходит деароматизация кольца с образованием диенона VI, производные к-рого обладают антигестагенной активностью:

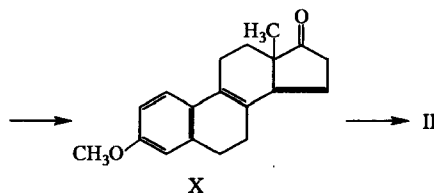
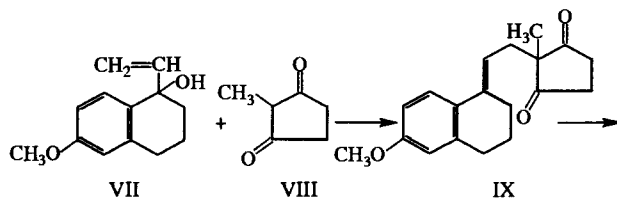


Осн. путь биосинтеза Э. исходит из холестерина; в организме они образуются в железах внутр. секреции (яичниках, семенниках, надпочечниках) непосредственно из андрогенов при участии фермента ароматазы; напр., в организме женщины в сутки вырабатывается 300–700 мкг эстрадиола. С помощью транспортной системы крови (альбумин и глобулин, связывающий половые гормоны) Э. доставляются к органам-мишеням, проникают через клеточные мембраны в цитоплазму, где связываются с рецепторами Э. Образующийся рецепторный комплекс переходит в ядро клетки и активирует геном, что приводит к синтезу специфич. белков, в т.ч. рецепторов.

В организме с участием никотинамидадениндинуклеотида происходит взаимопревращение эстрона и эстрадиола. Осн. путь их метаболизма включает превращение в 16α-гидроксистероиды [эстра-1,3,5(10)-триен-3,16α,17β-триол, или эстриол], к-рый является главным метаболитом; содержание его в организме особенно возрастает в период беременности. Другой тип метаболитов – т. наз. катехольные Э., к к-рым относятся 2- и 4-гидроксипроизводные эстрона и эстрадиола, выполняющие важную роль в регуляции в организме уровня нек-рых гормонов гипоталамуса. Э. циркулируют в крови и выводятся из организма гл. обр. в виде аддуктов с глюкуроновой и серной к-тами.

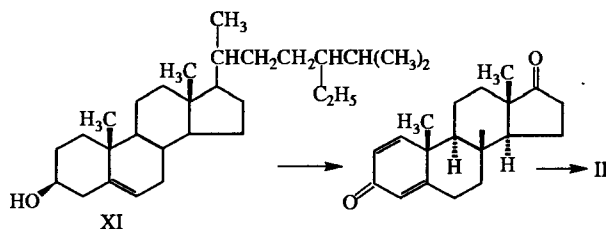
Э. обладают высокой биол. активностью, причем их активные концентрации на 1–3 порядка ниже, чем у др. стероидных гормонов. Для количеств. определения Э. в биол. жидкостях применяют радиоиммунологич. и иммуноферментный методы, основанные на р-ции антиген–антитело, где в качестве антигена используют конъюгированный с Э. белок.

Полный синтез Э. включает конденсацию соед. VII, получаемого из β-нафтола, с метилциклопентандионом VIII и циклизацию образовавшегося дикетона IX в кетон X, из к-рого последоват. восстановлением двойных связей и деметилированием получают (±)-эстрон II:

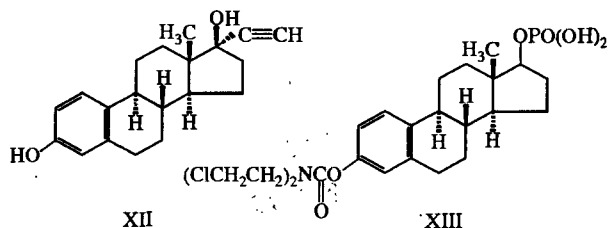


Асимметрич. синтез, как микробиологическими, так и хим. методами, из дикетона IX по этой схеме приводит к прир. (+)-эстрону.

Для произ-ва Э. обычно используют частичный синтез из β-ситостерина XI с микробиол. деградацией боковой цепи и трансформацией кольца А культурой *Mycobacterium*:

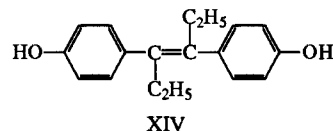


Э. применяют при лечении заболеваний, связанных с недостаточной ф-цией половых желез, в т.ч. при слабой родовой деятельности, бесплодии. Прир. Э. при оральном приеме неактивны, поэтому используют их синтетич. аналоги. Наиб. применение получил 17α-этинилэстрадиол XII, к-рый вместе с гестагенами входит в состав оральных контрацептивов, регулирующих рождаемость; 11β-метоксипроизводное диола XII – моксэстрол – самый активный из всех Э. Производное эстрадиола, содержащее в молекуле группировку азотистого иприта – эстрацит (ф-ла XIII), – лек. препарат для лечения заболеваний предстательной железы.



Применявшаяся ранее подкормка сельскохозяйств. животных Э. запрещена из-за риска попадания в организм человека Э. и гл. обр. их метаболитов, вызывающих нарушение гормонального баланса.

Эстрогенным действием обладают также нестероидные соед., среди к-рых особенно активны производные стилибэстрола (гл. обр. диэтилстильбэстрол XIV); они не дезактивируются в желудочно-кишечном тракте, хотя и связываются в организме с рецептором менее эффективно.



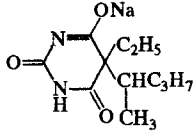


Лит.: Физер Л., Физер М., Стероиды, пер. с англ., М., 1964; Ахрем А. А., Тютюв Ю. А., Полный синтез стероидов, М., 1967; *Esteroids in the environment*, ed. by J. A. McLachlan, N. Y., 1980. См. также лит. при ст. *Стероидные гормоны*. В. М. Ржезников.

ЭТАМБУТОЛ [(+)-1,1'-этилендиамин-N,N'-бис-(1-гидроксиметилпропан)] дигидрохлорид, биамбутол, мианбутол, $C_{12}H_{21}N_2O_2 \cdot 2HCl$, $mol. m. 277,23$; бесцв. кристаллы; т. пл. $198,5-200,3^\circ C$, $[\alpha]_D^{20} +5,5$ (вода); хорошо раств. в воде. Получают конденсацией 1,2-дихлорэтана с избытком (S)-2-амино-1-бутанола; в-ва, получаемые из R-изомера или рацемата 2-амино-1-бутанола, в лечебной практике не применяются, т. к. (-)-энантиомер неактивен, а рацемат и мезоформа соотв. в 2 и 10 раз менее активны, чем Э.

Э.-противотуберкулезное ср-во; подавляет рост микобактерий туберкулеза, устойчивых к стрептомицину, п-аминосалицилату Na, изониазиду и фтивазиду. А. И. Боканов.

ЭТАМИНАЛ-НАТРИЙ [5-(1-метилбутил)-5-этилбарбитурат натрия, нембутал]; $mol. m. 248,25$; бесцв. гигроскопичные кристаллы; т. пл. $155^\circ C$, хорошо раств. в воде и этаноле. Получают Э. аналогично *барбиталу*. Э.-снотворное и противосудорожное ср-во; оказывает также успокаивающее действие.



ЭТАН CH_3CH_3 , $mol. m. 30,07$; газ без цвета и запаха; т. пл. $-183,23^\circ C$, т. кип. $-88,63^\circ C$; $d_4^{100} 0,572$; $t_{крст} 32,3^\circ C$, $P_{крст} 4,87 MPa$, $d_{крст} 0,2045 g/cm^3$; давление пара $2,379 MPa$ ($0^\circ C$); $C_p 12,58 Дж/(моль \cdot K)$ ($25^\circ C$); $\Delta H_{исп}^0 14,68 кДж/моль$; $\Delta H_{сгор}^0 -1541,4 кДж/моль$; $\Delta H_{ср}^0 -106,7 кДж/моль$. Р-имость (мл в 100 мл р-рителя): вода 4,7 при $20^\circ C$, этанол 46 при $0^\circ C$, хорошо раств. в углеводородах.

По хим. св-вам Э.-типичный представитель *насыщенных углеводородов*. Вступает в разл. р-ции замещения по радикальному механизму. Термич. дегидрирование Э. при $550-650^\circ C$ приводит к этилену, при т-рах выше $800^\circ C$ - к ацетилену (образуется также бензол и сажа), прямое хлорирование при $300-450^\circ C$ - к этилхлориду, окисление - к смеси CH_3CHO и CH_3COOH , нитрование в газовой фазе дает смесь (3:1) нитроэтана и нитрометана.

Э.-компонент прир. и попутных газов (до 10% по объему) и м. б. выделен из них низкотемпературной ректификацией. Значит. кол-ва Э. образуются при крекинге нефтяного сырья. В лаб. условиях Э. получают из CH_3I по р-ции Вюрца, из CH_3COONa электролизом по р-ции Кольбе, сплавлением пропионата Na с щелочью, из этилбромид по р-ции Гриньяра, гидрированием этилена (над Pd) или ацетилена (в присут. Ni-Ренея).

Э.-сырье для получения этилена и винилхлорида. В США и Канаде 60% этилена получают из этана, в России и Западной Европе этот способ нерентабелен из-за низкого содержания Э. в прир. газе местных месторождений.

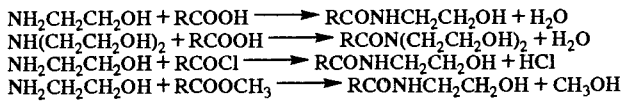
В смеси с воздухом Э. взрывоопасен. Т. восп. $152^\circ C$, т. самовоспл. $472^\circ C$, КПВ 2,9-15,0%. Нетоксичен. А. А. Братков.

ЭТАНОЛ, то же, что *этиловый спирт*.

ЭТАНОЛАМИДЫ ЖИРНЫХ КИСЛОТ, техн. название N-(2-гидроксиэтил)амидов карбоновых к-т общих фл $RCONHCH_2CH_2OH$ (моноэтаноламиды) или $RCON(CH_2CH_2OH)_2$ (диэтаноламиды), где R - насыщенный или ненасыщенный алифатич. радикал C_9-C_{17} . Мицеллообразующие неионогенные ПАВ. Пром. продукты - твердые, мазеобразные или жидкие в-ва с содержанием смеси моно- и диэтаноламидов до 85% по массе; раств. в воде, орг. р-рителях, диспергируются в нефтяных топливах и маслах.

В гомологич. ряду индивид. моноэтаноламидов жирных к-т (от октановой до октадекановой) св-ва Э. ж. к. изменяются соотв. в пределах: т. пл. - от $67,9$ до $102^\circ C$; р-имость в этаноле ($20^\circ C$) - от $602,0$ до $15,0 г/л$, в ацетоне - от $362,0$ до $3,0$, в воде ($40^\circ C$) - от $39,0$ до $0,015 г/л$; критич. концентрация мицеллообразования при $40^\circ C$ - от $34,0$ до $12,7 мг/л$.

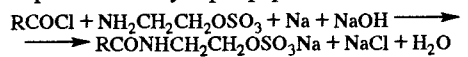
Получают Э. ж. к. взаимод. моно- или диэтаноламинов с жирными к-тами, их хлорангидридами или эфирами по р-циям:



В пром-сти обычно используют жирные к-ты растит. масел (напр., кокосового) или синтетич. жирные к-ты фракции $C_{10}-C_{16}$.

Оксиэтилированием Э. ж. к. получают *синтамыды* - неионогенные ПАВ техн. назначения.

Анионные ПАВ - сульфозефире общей ф-лы $RCONHCH_2CH_2OSO_3Na$ получают взаимод. Э. ж. к. с серной или хлорсульфоновой к-той либо олеумом (с послед. нейтрализацией продукта щелочью), а также конденсацией хлорангидрида жирной к-ты с сульфозефиром этаноламина по р-ции:



Э. ж. к. - составная часть синтетич. моющих ср-в, шампуней, пенных препаратов для ванны, косметико-гигиенич. ср-в; повышают моющую способность алкансульфонатов, алкилбензолсульфонатов и др. мицеллообразующих ПАВ, стабилизируют пену при стирке, являются эффективными загустителями, проявляют антисептич. и антикоррозионное действие. Синтамыды и сульфозефире Э. ж. к. - эмульгаторы, смачиватели, диспергаторы, мягчители, антистатики в кожевенной и текстильной и нек-рых отраслях нефтяной и хим. пром-сти.

Лит.: Поверхностно-активные вещества. Справочник, под ред. А. А. Абразова, Г. М. Гаскова, Л., 1979. Л. А. Шиц.

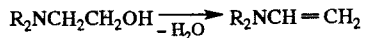
ЭТАНОЛАМИНЫ. Различают моноэтаноламин (2-аминоэтанол, этаноламин, коламин), диэтаноламин (иминодиэтанол) и триэтаноламин (нитрилтриэтанол). Бесцв. вязкие гигроскопичные жидкости со специфич. аминным запахом, неограниченно смешиваются с водой, хорошо раств. в этаноле, бензоле, хлороформе, плохо - в гептане (табл.). Обладают св-вами *аминов* и *спиртов*.

СВОЙСТВА ЭТАНОЛАМИНОВ

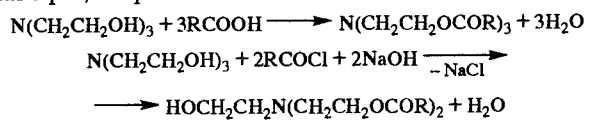
Показатель	Моноэтаноламин $HOCH_2CH_2NH_2$	Диэтаноламин $(HOCH_2CH_2)_2NH$	Триэтаноламин $(HOCH_2CH_2)_3N$
Мол. масса	61,08	105,14	149,19
Т. пл., $^\circ C$	10,6	27,8	21,2
Т. кип., $^\circ C$	170-171	270	360
d_4^{20}	1,0159	1,0966	1,1242
n_D^{20}	1,4541	1,4776	1,4852
η , мПа·с ($25^\circ C$)	19	580	601
Растворимость, г в 100 г гептана ($25^\circ C$)	0,6	0,1	0,2
Т. восп., $^\circ C$	93	148,9	179
Т. самовоспл., $^\circ C$	450	—	—
ПДК*, мг/м ³	1	5	5

* В воздухе рабочей зоны.

Э.-слабые основания; с минер. и сильными орг. к-тами дают соли. Соли Э. с жирными к-тами - некристаллич. в-ва, похожие на воск, используются в пром-сти как эмульгаторы (этаноламинные мыла). Р-ция моноэтаноламинов с 48%-ной HVB приводит к виниламинам:

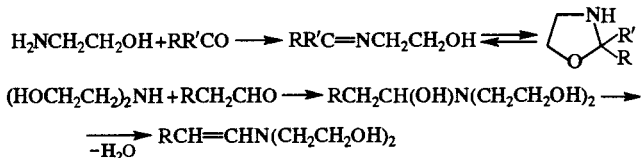


При взаимод. со сложными эфирами и карбоновыми к-тами или их ангидридами и хлорангидридами моно- и диэтанол-амины превращаются соотв. в N-(2-гидроксиэтил)- и N,N-ди(2-гидроксиэтил)амиды к-т. Триэтаноламин реагирует с карбоновыми к-тами и хлорангидридами при повышенных т-рах, напр.:

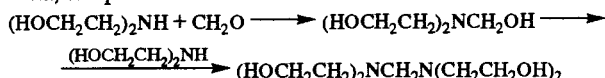


При р-ции с дикарбоновыми к-тами моно- и диэтанолламины образуют полиэфирполиамиды $[-\text{COCH(R)CONHCH}_2\text{CH}_2\text{O}-]_n$, триэтанолламины — «сшитые» полиаминополиэфиры.

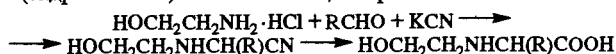
Моноэтанолламин с альдегидами (за исключением формальдегида) и кетонами дает шиффовы основания, последние обычно находятся в равновесии с изомерными оксазолидинами. Диэтанолламин с высшими альдегидами в присут. K_2CO_3 образует третичные аминоспирты, к-рые далее превращаются в α, β -ненасыщенные аминоспирты, напр.:



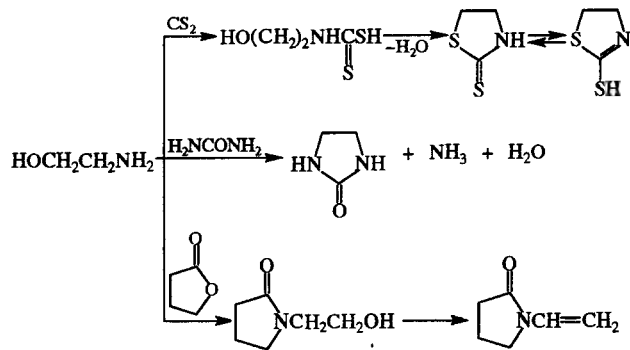
Р-ция моно- и диэтанолламинов с формальдегидом в присут. щелочи приводит к метиловым производным, последние могут вступать в р-цию со второй молекулой диэтанолламина с образованием N,N,N',N'-тетра(2-гидроксиэтил)метиленидиамина, напр.:



При взаимодействии солей моно- и диэтанолламинов с KCN или NaCN и альдегидами и кетонами образуются N-(гидроксиэтил)аминонитрилы, к-рые при гидролизе превращаются в N-(гидроксиэтил)аминокислоты, напр.:

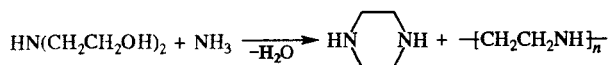
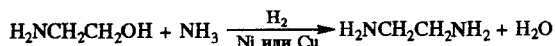


Моноэтанолламин при р-ции с CS_2 образует N-(2-гидроксиэтил)дитиокарбаминую к-ту, к-рая при нагр. дает меркаптоэтилолин; при нагр. с мочевиной — этиленмочевину; с γ -бутиролактоном — N-(2-гидроксиэтил)пирролидон, к-рый далее превращается в N-винилпирролидон:



Моно- и диэтанолламины с безводным CO_2 дают соответствующие N-гидроксипропиленкарбаминные к-ты и их соли (напр., $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{NHCOOH}$ и $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{NHCOOH} \times \text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), с акрилонитрилом — N-(2-гидроксиэтил)аминопропионитрил ($\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$, с этиленкарбонатом — уретановые гликоли $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OC(O)NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$.

Аммонолиз моноэтанолламина в присут. H_2 и катализаторов гидрирования приводит к этилендиамину, диэтанолламин в тех же условиях превращается в пиперазин и полиэтиленполиамин:



В пром-сти Э. получают жидкофазным аммонолизом этиленоксида в присут. небольшого кол-ва воды. Процесс осуществляют в одну стадию (при т-ре 90–130 °С и давлении 7–10 МПа). При соотношении этиленоксид : аммиак (1:15) продукт р-ции содержит 78,3% моно-, 16% ди- и 4,4% триэтанолламинов. Конверсия этиленоксида 100%. Состав смеси Э. регулируют кол-вом NH_3 , т-рой процесса и направлением в рецикл одного или двух Э. Образующуюся смесь Э., H_2O и NH_3 разделяют ректификацией, при этом аммиак в сжиженном виде направляется в рецикл; H_2O , моно-, ди- и триэтанолламины выделяют ректификацией.

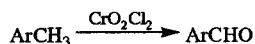
В лаборатории Э. синтезируют оксиэтилированием аммиака, аминированием этиленхлоргидрина, гидрированием метиленидиангидрина.

Анализируют Э. методами ГЖХ, потенциометрич. титрования, колориметрии или иодометрии.

Э. применяют в качестве абсорбентов «кислых» газов (CO_2 , H_2S , SO_2 и др.) в процессах очистки технол. газов на предприятиях нефтеперерабатывающей, газодобывающей и хим. отраслей пром-сти; как сырье для получения эмульгаторов, диспергаторов, стабилизаторов пен, моющих и чистящих средств, шампуней, ПАВ и др. Моноэтанолламин используют в орг. синтезе для получения этилендиамина, N-винилипирролидона и др., диэтанолламин — в произ-ве пластификаторов, ингибиторов коррозии и др.

Лит.: Справочник нефтехимика, т. 2, Л., 1978, с. 294; «Hydrocarb. processing», 1973, v. 52, № 11, p. 120; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N.Y., 1978, p. 944. М. И. Якушкин.

ЭТАРА РЕАКЦИЯ, окисление метильной группы в ароматич. соед. в альдегидную под действием хромилхлорида (иногда к Э. относят любые р-ции в орг. химии с участием CrO_2Cl_2):



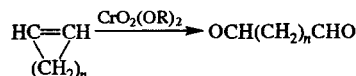
Ароматич. ядро может содержать заместитель: Hal, NO_2 , Alk и AlkO (хотя две последние группы также могут окисляться в ходе р-ции). Вместо CrO_2Cl_2 можно использовать $\text{CrO}_2(\text{OCOR})_2$ ($\text{R} = \text{CH}_3$, C_6H_5 , CCl_3), что способствует увеличению выхода.

Обычно хромилхлорид смешивают с ароматич. соед. в среде инертного орг. р-рителя (CS_2 , CCl_4 , CHCl_3 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ и др.) при 10–50 °С. Образовавшийся комплекс состава $\text{ArCH}_3 \cdot 2\text{CrO}_2\text{Cl}_2$ (часто выпадает в осадок) обрабатывают H_2O . Выходы составляют 50–70%. Основные побочные продукты — хлорированные ароматич. соед. и продукты более глубокого окисления.

Механизм Э. р. известен лишь в общих чертах. Установлено, что стадия, определяющая скорость р-ции, — расщепление связи C—H в метильной группе при образовании аддукта с первой молекулой CrO_2Cl_2 . Полагают, что этот процесс может идти по ионному либо радикальному механизму, давая в обоих случаях на первой стадии аддукт типа $\text{ArCH}_2-\text{O}-\text{Cr}(\text{OH})\text{Cl}_2$, к-рый быстро присоединяет вторую молекулу хромилхлорида. Образующееся соед. имеет, по-видимому, структуру $\text{ArCH}[\text{OCr}(\text{OH})\text{Cl}_2]_2$.

В условиях Э. р. метилзамещенные алициклич. соед. в присут. каталитич. кол-в олефинов (ок. 1%) дают соответствующие альдегиды с выходом 25%.

При действии $\text{CrO}_2(\text{OR})_2$ и циклич. олефины образуются линейные диальдегиды:



Э. р. используют в препаративной практике. Р-ция открыта А. Этаром в 1877.

Лит.: Грагеров И. П., Пономарчук М. П., «Ж. орган. химии», 1967, т. 3, № 3, с. 458–64; 1969, т. 5, № 6, с. 1145–47; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 295–96; Harford W., «Chem. Ber.», 1958, Bd 58, S. 25; Nenitzescu C., «Bull. Soc. chim. France», 1968, p. 1349. Г. И. Дрозд.

ЭТЕРИФИКАЦИЯ, см. *Эфиры сложные*.

ЭТИЛАКРИЛАТ (этиловый эфир акриловой к-ты) $\text{CH}_2=\text{CHCOOC}_2\text{H}_5$, мол. м. 100,117; бесцв. жидкость с резким неприятным запахом; т. пл. $-71,2^\circ\text{C}$, т. кип. $99,5^\circ\text{C}$; d_4^{25} 0,9178; n_D^{20} 1,4034; $p_{\text{крит}}$ 3,68 МПа, $t_{\text{крит}}$ 279,85 $^\circ\text{C}$, $d_{\text{крп}}$ 0,310 г/см³; η 0,54 мПа·с (25 $^\circ\text{C}$), γ 24,7 мН/м (25 $^\circ\text{C}$), давление пара (кПа): 1,16 (0 $^\circ\text{C}$), 3,93 (20 $^\circ\text{C}$), 16,8 (50 $^\circ\text{C}$); C_p 1,87 кДж/(кг·К); $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 388,7 кДж/кг, $\Delta H_{\text{сгор}}^0$ $-2550,6$ кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ $-349,53$ кДж/моль, S_{298}^0 406,64 Дж/(моль·К), $\Delta H_{\text{пол}}^0$ 77,8 кДж/моль; теплопроводность 0,1644 Вт/(м·К); хорошо раств. в орг. р-рителях, р-римость в 100 г воды при 25 $^\circ\text{C}$ и воды в 100 г Э. — 1,5 г. Образует азеотропные смеси с водой, метанолом, этанолом, кипящие соотв. при 81,1 $^\circ\text{C}$ (15% по массе H_2O), 64,5 $^\circ\text{C}$ (84,4% CH_3OH), 77,5 $^\circ\text{C}$ (72,5% $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).

Хим. св-ва Э. определяются наличием двойной связи, сопряженной с карбонильной группой. Легко гидролизруется в кислой и щелочной средах, перэтерифицируется в присут. к-т, присоединяет H_2 , галогены, галогеноводороды, HCN , NH_3 , амины, в присут. основных катализаторов — спирты, фенолы, H_2S , тиолы (против правила Марковникова), м. б. диенофилом в диеновом синтезе. Легко полимеризуется и сополимеризуется с этиленом, акрилонитрилом, хлорэтилвиниловым эфиром и др.

Осн. пром. способ произ-ва Э. — этерификация акриловой к-ты этанолом при небольшом избытке спирта (10–30%) при 60–80 $^\circ\text{C}$ в присут. катализатора (катионообменная смола, H_2SO_4 или *n*-толуолсульфокислота). Э. получают также гидролизом акрилонитрила разбавленной H_2SO_4 с послед. этерификацией этанолом; взаимодей. ацетилена с этанолом в условиях р-ции Реппе: $4\text{C}_2\text{H}_2 + 4\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{Ni}(\text{CO})_4 + 2\text{HCl} \rightarrow 4\text{CH}_2=\text{CHCOOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2 + \text{NiCl}_2$; с высокими выходами элиминированием спирта из β -алкоксипропионата путем пропускания последнего над фосфатами или оксидами металлов, силикатами при 200–400 $^\circ\text{C}$ либо жидкофазной р-цией в присут. серной или фосфорной к-т при 125–150 $^\circ\text{C}$ и др.

Содержание основного в-ва в товарном продукте должно составлять не менее 99,5%. Для предотвращения самопроизвольной полимеризации при получении и хранении в товарный Э. добавляют ингибиторы: гидрохинон, его монометильный эфир, фенолтиазин, *n*-трет-бутилпирокатехин в кол-ве 0,001–0,1%. Перед полимеризацией Э. очищают от ингибитора щелочной промывкой, обработкой ионообменными смолами либо мол. ситами или дистилляцией.

Для контроля за чистотой Э. применяют ГЖХ; двойную связь определяют иодо- или бромометрически, сложнэфирную группу — щелочным омылением.

Используют Э. для произ-ва полиэтилакрилата (см. Полиакрилаты), сополимеров Э. с метилметакрилатом, этиленом, акрилонитрилом и др., применяемых в произ-ве лаков, красок, в качестве связующих нетканых текстильных материалов.

Т. всп. 9 $^\circ\text{C}$, т. самовоспл. 383 $^\circ\text{C}$, КПВ 1,8–9,5% (по объему). Э. обладает общетоксич. действием, раздражает кожу, слизистые оболочки, верхние дыхат. пути, пищеварит. тракт, при длительном контакте вызывает ожоги, при вдыхании избытка паров — отек легких; ПДК в воздухе рабочей зоны 20 мг/м³, в воде водоемов 0,005 мг/л, допустимое кол-во, мигрирующее в пищу, 2 мг/кг; ЛД₅₀ 1020 мг/кг (крысы, перорально), 1950 мг/кг (кролики, при нанесении на кожу).

Лит.: Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N. Y., 1978, p. 330–54.

Ф. Е. Кулерман.

ЭТИЛАМИНЫ $\text{C}_2\text{H}_5\text{NRR}'$. В статье рассмотрены первичный, вторичный и третичный амины, содержащие только этильные остатки (см. табл.). Первичный Э. (моноэтиламин, $\text{R}=\text{R}'=\text{H}$) — бесцв. газ, вторичный (диэтиламин, $\text{R}=\text{C}_2\text{H}_5$, $\text{R}'=\text{H}$) и третичный (триэтиламин, $\text{R}=\text{R}'=\text{C}_2\text{H}_5$) — бесцв. маловязкие жидкости со специфич. аминным запахом. Неограниченно смешиваются с водой, хорошо раств. в этаноле и др. орг. р-рителях. Триэтиламин образует азеотропную смесь с этанолом (51% по объему триэтиламина, т. кип. 76,9 $^\circ\text{C}$).

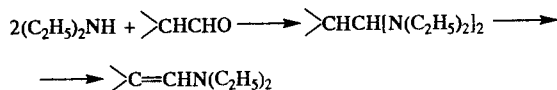
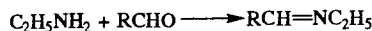
Э. — сильные основания, обладают св-вами аминов. С минер. и орг. к-тами образуют кристаллич. соли. При взаимодей.

СВОЙСТВА ЭТИЛАМИНОВ

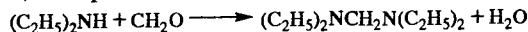
Показатель	Моноэтиламин $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	Диэтиламин $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$	Триэтиламин $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$
Мол. масса	45,09	73,14	101,19
Т. пл., $^\circ\text{C}$	-81,0	-48	-114,7
Т. кип., $^\circ\text{C}$	16,6	56,3	89,4
d_4^{20}	0,6828	0,7056	0,7257
n_D^{20}	1,3663	1,3864	1,4010
$t_{\text{крит}}$, $^\circ\text{C}$	183,2	223,3	258,9
$p_{\text{крит}}$, МПа	55,5	36,6	30
$\Delta H_{\text{исп}}^0$, кДж/моль (25 $^\circ\text{C}$)	28,03*	31,34	34,69
$\Delta H_{\text{обр}}^0$, кДж/моль (газа)	-46,02	-72,38	-99,58
$p_{\text{к}}^0$ (вода, 25 $^\circ\text{C}$)	10,63	10,93	10,87
pH 0,1 н. водного р-ра	11,9	11,0	11,8
Т. самовоспл., $^\circ\text{C}$	555	490	510
КПВ (% по объему)	5,5–17	2,2–14	1,2–8
ПДК**, мг/м ³	10	30	10

* При 16 $^\circ\text{C}$. ** В воздухе рабочей зоны.

карбонowymi к-тами (при повышенных т-рах), их ангидридами, хлорангидридами и эфирами моно- и диэтиламина превращаются соотв. в N-этил- и N,N-диэтиламиды к-т. Р-ция с альдегидами и кетонами приводит к шиффовым основаниям и енаминам; последние при гидрировании дают N-этил- и N,N-диэтилалкиламины, напр.:

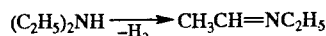
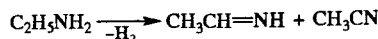


При р-ции диэтиламина с формальдегидом получают N,N,N',N'-тетраэтилметиламин:



Моноэтиламин алкилируется спиртами и алкилгалогенидами до вторичных и третичных алкиламинов; диэтиламин — до N,N-диэтилалкиламинов; триэтиламин — до четвертичных аммониевых солей (из алкилгалогенидов). Моно- и диэтиламины реагируют с CO_2 и CS_2 , превращаясь в соли соотв. карбаминных $[\text{C}_2\text{H}_5\text{NHCOOH} \cdot \text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_5]$ и дитиокарбаминных к-т $[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCSSH} \cdot \text{HN}(\text{C}_2\text{H}_5)_2]$; при обработке этиленоксидом образуются соотв. N-этилэтаноламин и N,N-диэтилэтаноламин или их полиоксисильные производные; при обработке фосгеном — этилизонитрат и тетраэтилмочевина.

При взаимодей. с лактамами моноэтиламин дает N-этиллактамы, с хлороформом в присут. щелочи — этилизонитрил, с HNO_2 — этанол и N_2 (количественно). Э. диспропорционируют при повышенных т-рах над катализаторами дегидратации или гидрирования (в присут. H_2); при этом из моноэтиламина получают диэтиламин и аммиак, из диэтиламина — моноэтиламин и триэтиламин. В присут. катализаторов гидрирования при высоких т-рах моноэтиламин и диэтиламин дегидрируются:



В пром-сти смесь Э. получают парофазным аминированием этанола в присут. Al_2O_3 , SiO_2 или их смеси при 350–450 $^\circ\text{C}$, давлении 2–20 МПа, молярном соотношении $\text{NH}_3 : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (2:6) либо в присут. Ni, Co, Cu, Re и др. и H_2 при 150–230 $^\circ\text{C}$, давлении 1,7–3,5 МПа, молярном соотношении $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{NH}_3:\text{H}_2$ 1:(1,5–6):(2–5). Выход в первом случае 75–80%, во втором — 90–95% при конверсии этанола 95–100%. Состав смеси Э. регулируют кол-вом NH_3 , т-рой процесса и направлением в режик одного или двух Э. Образующуюся смесь Э., H_2O , NH_3 и непрореагировавшего этанола разделяют ректификацией под давлением 0,1–1,8 МПа, получая моно-, ди- и триэтиламины.

В лаборатории Э. синтезируют методами, общими для получения алифатич. аминов, в т. ч. гидрированием ацетонитрила или нитроэтана, восстановит. аминированием ацетальдегида, аммонолизом диэтилового эфира или этилгалогенидов.

Моноэтиламин без примесей ди- и триэтиламина синтезируют по р-циям Габриеля и Гофмана.

Анализируют Э. методами ГЖХ и титрованием к-тами р-ров Э. в воде или в орг. р-рителях. В воздухе Э. определяют методом ГЖХ или колориметрически.

Э. применяют в произ-ве пестицидов (напр., симазин, атразин, цианазин и др.), ингибиторов коррозии (напр., N,N-диэтилмочевина, динитробензоат диэтиламина и др.), лек. в-в (напр., новокаин, кардиамин и др.), катализаторов синтеза полиуретанов.

Моноэтиламин используют также для получения пластификаторов, флотореагентов, текстильно-вспомогат. в-в, антиобледенит. композиций, ускорителей вулканизации каучука; диэтиламин – для получения присадок к моторным топливам и маслам, отвердителей эпоксидных смол; триэтиламин – для произ-ва жидких ракетных топлив, антисептиков для древесины, олигомеров, стабилизаторов трихлорэтана.

Э. в больших концентрациях оказывают вредное влияние на печень, почки, нервную систему; раздражают кожу, слизистые оболочки глаз, верхних дыхат. путей.

Лит.: Бобков С.С., Смирнов С.К., Синильная кислота, М., 1970, с. 141; Справочник нефтехимика, т. 2, Л., 1978, с. 293–94; Паушкин Я.М., Жидкие и твердые химические ракетные топлива, М., 1978, с. 127; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 2, N.Y., 1978, p. 272–82. М.И. Якушкин.

ЭТИЛАЦЕТАТ (этиловый эфир уксусной к-ты) $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$; мол. м. 88,11; бесцв. жидкость с приятным запахом; т. пл. -84°C , т. кип. $77,1^\circ\text{C}$; d_4^{20} 0,9001; n_D^{20} 1,3724; $t_{\text{крист.}}$ $250,4^\circ\text{C}$, $\rho_{\text{жидк.}}$ 3,78 МПа·с; η 0,455 МПа·с (20°C); μ $6,03 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 34,75 Дж/моль, $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 10,481 Дж/моль; $\Delta H_{\text{гор}}^0$ $-2254,98$ кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ $-463,8$ кДж/моль; ϵ 6,053; смешивается с этанолом, диэтиловым эфиром, бензолом, CHCl_3 ; р-римость (% по массе): в воде 12, воды в Э. 9,7. Э. образует двойные азеотропные смеси с водой (т. кип. $70,4^\circ\text{C}$, содержание воды 8,2% по массе), этанолом (71,8; 30,8), метанолом (62,25; 44,0), изопропанолом (75,3; 21,0), CCl_4 (74,7; 57), циклогексаном (72,8; 54,0) и тройную азеотропную смесь Э.: вода:этанол (т. кип. $70,3^\circ\text{C}$, содержание соотв. 83,2, 7,8 и 9% по массе).

Э. обладает всеми св-вами эфиров сложных.

В пром-сти Э. получают: 1) по Тищенко реакции из ацетальдегида при $0-5^\circ\text{C}$ в присут. катализич. количеств алкоголята Al; конверсия ацетальдегида 98%, селективность 97–98%; 2) этерификацией CH_3COOH этанолом при $110-115^\circ\text{C}$ в присут. H_2SO_4 , соотношение к-ты и спирта (1:1,1), степень конверсии более 95%; 3) взаимод. CH_3COOH с этиленом при т-ре 150°C и давлении 7,7 МПа в присут. H_2SO_4 при соотношении CH_3COOH : этилен 1:3,89.

Лаб. способы получения: взаимод. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ с CH_3COCl , кетеном либо $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$, или р-цией CO с CH_3OH и этиленом.

Э. – р-ритель нитроцеллюлозы, ацетилцеллюлозы, смоляных масляных лаков, жиров, восков, в смеси со спиртом – р-ритель в произ-ве искусств. кожи. Применяется как экстрагент орг. соед. из водных р-ров, желатинизирующее средство в произ-ве взрывчатых в-в, компонент фруктовых эссенций.

Пары Э. раздражают слизистые оболочки глаз и дыхат. путей, при действии на кожу вызывают дерматиты и экземы. ПДК в воздухе рабочей зоны 200 мг/м³.

Т. всп. 2°C , т. воспл. ниже 0°C , т. самовоспл. 400°C , КПВ паров в воздухе 2,1–16,8% (по объему), температурные пределы воспламенения 1–31 $^\circ\text{C}$.

Мировой объем произ-ва Э. 0,45–0,5 млн. т в год (1986), в т. ч. в Японии 0,11, Германии 0,08, США 0,08.

Лит.: Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т., Свойства газов и жидкостей, пер. с англ., Л., 1982; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 21, N.Y., 1983, p. 382–83. З.П. Присяжнюк.

ЭТИЛБЕНЗОЛ, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3$, мол. м. 106,16; бесцв. жидкость с запахом бензола; т. пл. $-94,97^\circ\text{C}$, т. кип. $136,19^\circ\text{C}$, $25,88^\circ\text{C}/10$ мм рт. ст.; d_4^{20} 0,8671; n_D^{20} 1,4958; η 0,637 МПа·с (20°C); μ $1,97 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; C_p^0 (жидкость) 186,56 Дж/(моль·К), C_p^0 (газ) 128,49 Дж/(моль·К); $\Delta H_{\text{обр}}^0$ (жидкость) $-12,48$ кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ (газ) $-29,71$ кДж/моль; $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 86,3 Дж/г, $\Delta H_{\text{гор}}^0$ $-4568,6$ кДж/моль; S_{298}^0 (жидкость) 255,35 Дж/(моль·К), S_{298}^0 (газ) 360,69 Дж/(моль·К); ϵ 2,41 (20°C). Р-римость в воде 0,014 г в 100 г (15°C); смешивается с большинством орг. р-рителей. Образует пикрат с т. пл. $96,6^\circ\text{C}$.

Обладает св-вами ароматических соединений. При действии Cl_2 или Br_2 на Э. в газовой фазе в отсутствие катализатора на свету или при т-ре кипения Э. происходит замещение в боковой цепи с образованием (1-галогенэтил)- и (2-галогенэтил)бензолов. Галогенирование в жидкой фазе при низких т-рах в присут. катализаторов (AlCl_3 , FeBr_3 , I_2 и др.) приводит к о- и п-галогенпроизводным. Нитрование HNO_3 ($d = 1,5$) и сульфирование идет в бензольное кольцо с образованием соответствующих моно-, ди- и тринитропроизводных. При окислении CrO_3 или разб. HNO_3 Э. превращается в бензойную к-ту и ацетофенон, при окислении р-ром $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в автоклаве при т-ре 250°C в течение 1 ч – в натриевую соль фенилуксусной к-ты (выход 89%). Жидкофазное окисление Э. в присут. ацетата Mn приводит к α -фенилэтиловому спирту, к-рый при 300°C в присут. TiO_2 превращается в стирол. При окислении кислородом воздуха при 130°C и 0,5 МПа Э. образует гидропероксид, к-рый при 110°C в присут. нафтенатов W или Mo с пропиленом образует пропиленоксид и α -фенилэтиловый спирт.

При пропускании паров при 360°C над катализатором на основе оксидов Zn или Cr Э. с выходом 90–92% дегидрируется в стирол.

Э. содержится в сырой нефти, продуктах катализич. риформинга нефтяных фракций и легких фракциях смолы коксования угля, откуда он м.б. легко выделен. В пром-сти Э. получают гл. обр. алкилированием бензола этиленом в присут. AlCl_3 при т-ре $400-450^\circ\text{C}$; разработаны также процессы алкилирования в присут. BF_3 на модифицированном оксиде Al, H_3PO_4 на кизельгуре, мол. ситах.

Э. – исходное в-во в произ-ве стирола, добавка к моторному топливу для повышения октанового числа, р-ритель.

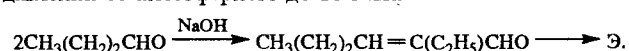
Э. раздражает кожу, оказывает судорожное действие; ЛД₅₀ 3,5 г/кг (мыши, внутрижелудочно). ПДК в атм. воздухе 0,02 мг/м³, в водоемах хозяйств.-бытового пользования 0,01 мг/л. Т. воспл. 15°C , т. самовоспл. 432°C , КПВ 0,9–3,9% по объему.

Объем мирового произ-ва ок. 17 млн. т в год (1987); объем произ-ва в России 0,8 млн. т в год (1990).

Лит.: Теддер Дж., Нехватал А., Джубб А., Промышленная органическая химия, пер. с англ., М., 1977; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 15, N.Y., 1981, p. 545; v. 24, 1984, p. 709. В.Г. Литович, М.Ф. Вагин.

2-ЭТИЛГЕКСАНОЛ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{CH}_2\text{OH}$, мол. м. 130,23; бесцв., слегка вязкая жидкость с приятным цветочным запахом; т. пл. 70°C , т. кип. $183,5^\circ\text{C}$; d_4^{20} 0,8340; n_D^{20} 1,4315; раств. в большинстве орг. р-рителей, р-римость в воде 0,07% (по массе), р-римость воды в Э. 2,6%; с водой образует азеотропную смесь (т. кип. $99,1^\circ\text{C}$; 20% по объему Э.).

Осн. пром. способ получения Э. – альдольная конденсация масляного альдегида (последний образуется при гидроформилировании пропилена в присут. Rh) при $80-140^\circ\text{C}$ и 0,2–0,6 МПа с послед. гидрированием образующегося 2-этилгексаналя в присут. Ni или Cu при т-ре 100°C и выше и давлении от атмосферного до 10 МПа:



Э. – р-ритель нек-рых пластмасс, лаков; экстрагент редких и радиоактивных металлов из руд и минералов; пеногаситель; стабилизатор эмульсий типа «вода в масле»; компонент парфюм. композиций.

Широко применяют эфиры Э. (табл.), в осн. в качестве пластификаторов. На произ-во эфиров расходуется ок. 80% производимого Э. Наиб. универсальный пластификатор — ди(2-этилгексил)фталат (ДОФ). Его используют для пластификации ПВХ и эфиров целлюлозы. Эфиры Э. и дикарбоновых к-т — пластификаторы морозостойких полимерных композиций.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЭФИРОВ 2-ЭТИЛГЕКСАНОЛА

Соединение	Т. пл., °C	Т. кип., °C/мм рт. ст.	d_4^{25}	n_D^{25}	η , Па·с	Р-римость в воде, % по массе	Т. всп., °C
Ди(2-этилгексил)фталат	-46	231/5	0,986	1,484	0,082	0,01	206
Три(2-этилгексил)тримеллитат	-33	260/1	0,987	1,485	0,21-0,286	—	260
Ди(2-этилгексил)адипинат	-70	214/15	0,927*	1,447*	0,013-0,015	0,025	196
Три(2-этилгексил)фосфат	-90	220/5	0,926**	1,444**	—	0,01	207
Ди(2-этилгексил)фенилфосфат	-95	190-205/1	0,97-0,99	1,470**	—	0,01	195-205

*При 35 °C. **При 20 °C.

Эфиры Э. и ароматич. поликарбоновых к-т, напр. три(2-этилгексил)тримеллитат, благодаря низкой летучести, малой экстрагируемости моющими средствами и низкой миграции в лаковые покрытия применяют при изготовлении кабельной изоляции, эксплуатируемой при высоких т-рах, а также в отделочных материалах автомобилей.

Эфиры Э. и ортофосфорной к-ты повышают огнестойкость полимерных материалов; они малотоксичны и используются для приготовления упаковочных материалов в пищ. пром-сти.

Для Э. ПДК в воздухе рабочей зоны 50 мг/м³, КПВ 1,03-8,48% (по объему), т. всп. 185 °C.

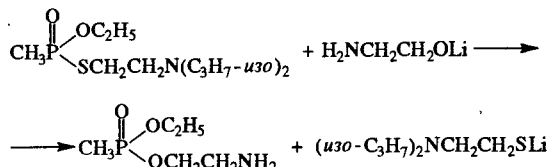
Мировой объем произ-ва Э. 3 млн. т в год (1990), в т. ч. в России 140 тыс. т.

Лит.: Колесов М.Д. и др., Промышленные методы производства 2-этилгексанола и перспектив развития, М., 1992; «Нефть, газ и нефтехимия за рубежом», 1991, № 4, с. 80.

О-ЭТИЛ-S-β-ДИИЗОПРОПИЛАМИНОЭТИЛМЕТИЛФОСФОНАТ [О-этиловый S-2-(диизопропиламино)этиловый эфир метилфосфоновой к-ты, ви-газ, Ви-Экс, VX], мол. м. 267,37; бесцв. жидкость (техн. продукт имеет окраску от желтой до темно-коричневой); т. пл. -39 °C, т. кип. 95-98 °C/1 мм рт. ст.; d_4^{25} 1,0083; летучесть

0,0105 мг/л (25 °C). Э. гигроскопичен, ограниченно раств. в воде (ок. 5% при 20 °C), хорошо — в орг. р-рителях. Легко проникает в пористые материалы.

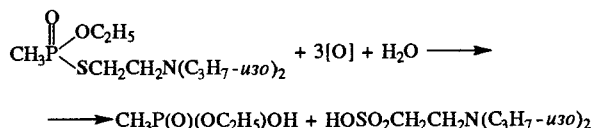
Химически устойчив. Очень медленно реагирует с нуклеоф. реагентами. Время гидролиза на 50% при 25 °C и pH 7 составляет 350 сут, при pH 10 — ок. 10 сут, при pH 14 — 1,3 мин. Практич. значение для дегазации Э. имеет его взаимодей. с солями аминоспиртов и целлюлозами в неводных р-рителях, напр.:



Так, 0,5 М р-р $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OLi}$ в смеси с моноэтаноломином и 1,6-гександиолом (3:1) полностью разлагает Э. за 15 мин.

Электроф. р-ции в водной среде с разрывом связи Р—S легче всего происходят при pH 5-9; окислители (напр., гипохлориты) сравнительно легко разлагают Э. до нетоксичных продуктов:

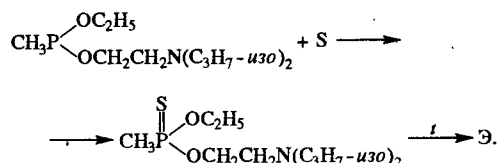
хлориты) сравнительно легко разлагают Э. до нетоксичных продуктов:



Эти р-ции пригодны для дегазации Э.

С к-тами Э. образует твердые ядовитые аммониевые соли, раств. в воде. Термич. разложение Э. начинается при 150 °C; при 250 °C Э. пиролизуется наполовину за 4 мин, а при 295 °C — за 36 с.

Э. может быть получен мн. методами, напр.:



Э.—ОВ нервно-паралитич. действия. При вдыхании аэрозоля Э. первые признаки поражения (миоз и загрузинный эффект) возникают при концентрации 0,0001 мг/л через 1 мин; ЛД₅₀ при ингаляц. воздействии на человека при экспозиции 10 мин составляет 0,001 мг/л (период скрытого действия 5-10 мин). Для Э. характерна высокая кожно-резорбтивная токсичность (ЛД₅₀ 0,1 мг/кг), при этом первым признаком поражения м. б. не миоз, а мелкие подергивания кожи в местах ее контакта с ОВ. Период скрытого действия при кожно-резорбтивном действии 1-24 ч (в зависимости от дозы Э.).

Защита от Э.—противогаз, ср-ва защиты кожи, а также антидоты (атропин и др.).

Лит. см. при ст. Отравляющие вещества.

В. И. Емельянов.

ЭТИЛЕН (этен) $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, мол. м. 28,05; бесцв. газ со слабым запахом; т. пл. -169,15 °C, т. кип. -103,71 °C; d_4^{104} 0,566; $t_{\text{кр}} 9,2$ °C, $p_{\text{кр}} 5,042$ МПа; η (жидкости) 0,161 мПа·с; γ (жидкости) 16,4 мН/м; давление пара (кПа): 4110 (0 °C), 2200 (-25 °C), 151 (-100 °C); C_p 62,16 Дж/(моль·K) (-193 °C); $\Delta H_{\text{сгор}}^0$ -1400 кДж/моль. Р-римость (мл в 100 мл р-рителя при 0 °C): вода 25,6, этанол 359; хорошо раств. в диэтиловом эфире и углеводородах.

В природе Э. практически не встречается. В незначит. кол-вах образуется в тканях растений и животных как промежут. продукт обмена в-в. Он обладает св-вами фитогормонов — замедляет рост, ускоряет старение клеток, созревание и опадение плодов.

По хим. св-вам — типичный представитель *олефинов*, обладает высокой реакционной способностью, особенно в р-циях электроф. присоединения. При взаимодей. Э. с хлором образуется дихлорэтан, к-рый при дегидрохлорировании превращается в винилхлорид; последний м. б. получен в одну стадию в присут. силицида кремния при 450-550 °C. Гидратация Э. приводит к этиловому спирту, гидрогалогенирование — к этилхлориду, взаимодей. с SCl_2 или S_2Cl_2 — к иприту $\text{S}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_2$, окисление кислородом или воздухом в присут. оксида Ag при 200-300 °C — к этиленоксиду; жидкофазное окисление кислородом в водных р-рах PdCl_2 и CuCl_2 при 130 °C и 0,3 МПа — к ацетальдегиду; в тех же условиях в присут. CH_3COOH образуется винилацетат.

Э.—алкилирующий агент, широко используется для алкилирования бензола; р-ции проводят в газовой фазе при 400-450 °C и давлении 1,4 МПа в присут. AlCl_3 в стационарном слое кизельгура, пропитанного H_3PO_4 (возможно использование BF_3 и цеолитов).

Э.—исходное соед. для получения *полиэтилена* высокого и низкого давления и олигомеров этилена, являющихся основой ряда синтетич. смазочных масел. Сополимеризацией Э. с пропиленом на катализаторах Циглера-Натты получают *эти-*

лен-пропиленовые каучуки, обладающие повышенной устойчивостью к окислению и истиранию. В пром-сти получают также сополимеры Э. со стиролом и винилацетатом.

Осн. метод получения Э. — пиролиз жидких дистиллятов нефти или низших парафиновых углеводородов. Р-цию обычно проводят в трубчатых печах при 750–900 °С и давлении 0,3 МПа. В России, Западной Европе и Японии сырьем служит прямогонный бензин; выход Э. ок. 30% с одновременным образованием значит. кол-ва жидких продуктов, в том числе ароматич. углеводородов. При пиролизе газойля выход Э. 15–25%. В США осн. сырье — легкие алканы (этан, пропан, бутан), что обусловлено их высоким содержанием в прир. газе месторождений Северной Америки; выход Э. ок. 50%.

Разработан метод получения Э. из метана: $2\text{CH}_4 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$; р-цию проводят на оксидах Mn, Ti, Cd или Pb при 500–900 °С в присут. кислорода. Газы пиролиза разделяют дробной абсорбцией, глубоким охлаждением и ректификацией под давлением. Наиб. чистый Э. получают дегидратацией этанола при 400–450 °С над Al_2O_3 ; этот метод пригоден для лаб. получения Э.

Применяют Э. в пром. орг. синтезе (в ряде процессов он вытесняет ацетилен), а также как регулятор роста растений, для ускорения созревания плодов, дефолиации растений и снижения преждевременного опадания плодов.

Э. взрывоопасен, КПВ 3–34% (по объему), т. всп. 136,1 °С, т. самовоспл. 540 °С, ПДК в атм. воздухе 3 мг/м³, в воздухе рабочей зоны 100 мг/м³.

Мировое произ-во 50 млн. т в год (1988).

Лит.: Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 9, N. Y., 1980, p. 393–431.

А. А. Братков.

ЭТИЛЕНА СОПОЛИМЕРЫ, продукты, получаемые сополимеризацией этилена с др. мономерами, а также прививкой разл. мономеров к макромолекуле полиэтилена или этилена к макромолекуле др. полимера. По сравнению с *полиэтиленом* Э. с. обладают улучшенными физ.-хим. св-вами и перерабатываемостью, повышенными адгезией, теплоемкостью, растворимостью и т. п.

Сополимеризацию осуществляют по радикальному механизму при высоком давлении или с помощью катализаторов координационно-анионного типа при среднем и низком давлении. Для прививки этилена к полимерам и мономеров к полиэтилену используют обычно радикальные инициаторы.

В пром-сти наиб. распространены 4 основных типа Э. с.: полиэтилен, модифицированный небольшими кол-вами сомономеров (винилацетатом, α-олефинами и др.); полипропилен, модифицированный небольшим кол-вом этилена; *этилен-пропиленовые каучуки*; блок-привитые сополимеры этилена.

Э. с., содержащие 3–30% по массе винилацетата, обычно синтезируют радикальной сополимеризацией при высоком давлении. При введении 5% винилацетата получают продукт, используемый для изготовления пленок с улучшенными оптич. св-вами (показатель мутности 2–3% против 6,5% для обычного полиэтилена) и высокой эластичностью, при введении 25–30% — пленки с высокой адгезией к бумаге и картону, а также клеи, применяемые в полиграфии, обувной и мебельной пром-сти.

Э. с., содержащие 0,2–3% по массе пропилена или высших α-олефинов (1-бутилен, 1-гексен, 4-метилпентен), получают каталитич. полимеризацией (гл. обр. в присут. кат. Циглера-Натты) при среднем и низком давлении в газовой или жидкой фазе. Эти материалы, обладающие повышенной прочностью к удару и стойкостью к растрескиванию, используют для изготовления труб, контейнеров, канистр, бутылей, ящиков. Наиб. интерес представляет статистич. Э. с. с 2–5% α-олефинов, имеющих равновесную разветвленность макромолекулы — т. наз. «линейный» полиэтилен низкой плотности (ЛПНП).

Прививку этилена к макромолекуле пропилена осуществляют для получения ударопрочных и морозостойких марок последнего. В совр. методах синтеза полипропилена обычно предусмотрен дополнительный реактор, в к-ром в газовой фазе готовый полипропилен сополимеризуют со смесью этилена и

пропилена; при этом суммарное содержание этилена может достигать 25 и даже 50% по массе. Практически получается смесь полипропилена, этилен-пропиленовых каучуков и блоксополимеров последних с полипропиленом.

Среди блок-привитых сополимеров этилена особый интерес представляют композиции этилен-пропиленовых каучуков с полипропиленом. Эти блоксополимеры являются смешанными полиолефиновыми термоэластопластами и наз. термопластичными резинами (ТПР). Обладая св-вами резин общего назначения, они могут храниться и транспортироваться в виде гранул, а перерабатываться в изделия литьем под давлением или экструзией, как термопласт. Применяются в автомобильной пром-сти, строительстве, произ-ве спортивной обуви, санитарно-технич. оборудования. ТПР — экологически чистый материал, изделия из них можно перерабатывать многократно.

В мире произ-во этилен-пропиленовых каучуков и ТПР на их основе все время возрастает и к концу 20 в. каждое третье РТИ будет изготавливаться из этих материалов.

Лит.: Энциклопедия полимеров, т. 3, М., 1977, с. 1011–1015. См. также лит. при ст. Термоэластопласты, Этилен-пропиленовые каучуки.

С. А. Вольфсон.

ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ (1,2-этидиол) $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, мол. м. 62,07; бесцв. вязкая гигроскопич. жидкость без запаха, сладковатого вкуса; т. пл. –12,7 °С, т. кип. 197,6 °С, 100 °С/16 мм рт. ст.; d_4^{20} 1,1088; n_D^{20} 1,4316; η 19,83 мПа·с (20 °С); γ 48,4 мН/м (20 °С); μ $7,3 \cdot 10^{-30}$ Кл·м (30 °С); ур-не температурной зависимости давления пара в интервале 25–90 °С: $\lg p$ (мм рт. ст.) = 8,863 – 2694,7/t; $\Delta H_{пл}^0$ 11,64 Дж/моль; $\Delta H_{исп}^0$ 58,71 Дж/моль; $\Delta H_{сгор}^0$ жидкости –1180,3 Дж/моль (20 °С); $\Delta H_{сгор}^0$ газа –397,75 кДж/моль; теплопроводность 0,29 Вт/(м·град), электропроводность $1,07 \cdot 10^{-6}$ См·см^{–1}, ϵ 38,66 (20 °С). Хорошо раств. в воде, спиртах, кетонах и др., умеренно — в бензоле, толуоле, диэтиловом эфире, CCl_4 . В Э. плохо раств. растит. и животные масла и не раств. минер. масла, парафины, каучук, ацетил- и этилцеллюлоза, поливинилхлорид.

При растворении Э. в воде выделяется теплота и происходит уменьшение объема. Водные р-ры замерзают при низких т-рах:

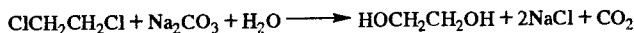
Концентрация Э., % по объему	20	30	40	50	66,7	80	90
Т-ра замерзания, °С	–8	–15	–24	–36	–75	–47	–29

Э. обладает всеми св-вами *гликолей*. С щелочными металлами и щелочами образует гликоляты, с орг. к-тами или их ангидридами — одно- и двухзамещенные сложные эфиры, с HNaI — этиленгалогенгидриды $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{Hal}$, с PCl_5 — ди-хлорэтан $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$, с акрилонитрилом — моно- и ди(2-цианэтиловые) эфиры Э., соотв. $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$ и $[\text{CH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CN})]_2$, при дегидратации — ацетальдегид (в присут. ZnCl_2), диэтиленгликоль (в присут. NaOH) или диоксан (при нагр. в присут. H_2SO_4), с этиленоксидом — полиэтиленгликоли $\text{H}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$. При окислении Э. в зависимости от условий и окислителя образуется смесь гликолевого альдегида HOCH_2CHO , гликолевой к-ты HOCH_2COOH , глиоксаля ONCSNO , глиоксальной к-ты ONCSOON и щавелевой к-ты; окисление мол. кислородом приводит к пероксидам, формальдегиду, муравьиной к-те. KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ окисляют Э. до CO_2 и H_2O .

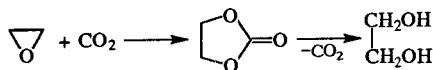
В пром-сти Э. получают гидратацией этиленоксида. Процесс проводят при 130–150 °С и давлении 1,5–2 МПа при соотношении этиленоксид : вода (1:8)–(1:15). В качестве побочных продуктов образуются ди-, три- и полигликоли. Выход последних повышается при увеличении доли этиленоксида. В присут. к-ты и щелочи скорость р-ции возрастает, но возникает проблема коррозии оборудования и очистки Э. Как правило, произ-во Э. объединяют с произ-вом этиленоксида; при этом используют очищенный товарный этиленоксид или 9–12%-ный р-р, что снижает себестоимость Э., но ухудшает его качество. Выпускают Э. двух марок: волоконный и антифризный; для первого предъявляют очень жесткие требования к содержанию примесей альдегидов (поглощение в

УФ области при λ 275 нм должно составлять не менее 95–97%).

Первое пром. произ-во Э. основывалось на гидролизе дихлорэтана водным р-ром соды при 200 °С и давлении 10 МПа:



Э. может быть получен взаимод. этиленоксида с CO_2 при т-ре 80–120 °С и давлении 2–5 МПа в присут. галогенидов щелочных металлов, аммония или аминов с послед. гидратацией образующегося этиленкарбоната:



Этот метод позволяет использовать водный р-р этиленоксида (1:1), выход 97–98%.

Э. образуется также при ацетоксилировании этилена с послед. гидролизом моно- и диэтилатов Э. (кат. – хлориды Pd, Li, нитраты Fe, Ni); недостаток метода – высокая коррозионность среды, трудность отделения солей и продуктов р-ции, необходимость регенерации катализатора.

При уменьшении добычи нефти и резком увеличении стоимости этилена представляют интерес методы синтеза Э. из альтернативного сырья: синтез-газа, метанола, СО и воды при т-ре 200 °С и давлении 70 МПа либо в жидкой фазе при 40 МПа в присут. оксидных медно-магневых или родиевых катализаторов; из СО и H_2 – через диэфиры шавелевой к-ты.

Э. применяют в хим., текстильной, автомобильной, авиационной, электротехн. пром-сти; 41–45% мирового произ-ва Э. используется для получения синтетич. полиэфирных волокон и пленок, ~40% – в произ-ве антифризов. Э. применяют также в произ-ве гидравлич. и закалочных жидкостей, полиуретанов, алкидных смол и др.

Э. токсичен при попадании внутрь, действует на центр. нервную систему и почки; смертельная доза 1,4 г/кг. ПДК в воздухе рабочей зоны 5 мг/м³.

Э. – горючая жидкость. Т. всп. в открытом тигле 120 °С, т. самовоспл. 380 °С, КПВ в воздухе: нижний 3,8, верхний 6,4% (по объему). Температурные пределы воспламенения: нижний 112 °С, верхний 124 °С.

Мировое потребление Э. ~ 8 млн. т в год (1992).

Лит.: Дымсент О.Н., Казанский К.С., Мирошкин А.М., Гликоля и другие производные оксиды этилена и пропилена, М., 1976; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 9, N.Y., 1980. Б.Б. Чесноков.

ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬДИНИТРАТ (динитрат 1,2-этандиола, нитрогликоль), $\text{O}_2\text{NOC}_2\text{H}_4\text{ONO}_2$, мол. м. 152,07; бесцв. жидкость, т-ра замерзания –22,3 °С, т. кип. 197,5 °С; d_4^{20} 1,4890; n_D^{20} 1,4323; η 4,61 мПа·с; μ 13,34·10⁻³⁰ Кл·м; ур-ние температурной зависимости давления пара $\lg p$ (Па) = (11,3 – 3700/T)·2,125; $\Delta H_{\text{всп}}^0$ –283 кДж/моль; ϵ 28,26 (20 °С). Хорошо раств. в большинстве орг. р-рителей, плохо – в CCl_4 , бензоле, воде; легко желатинирует эфиры нитроцеллюлозы.

По хим. св-вам Э. подобен нитроглицерину, но по реакц. способности уступает ему в неск. раз. Легко взаимод. с разл. нуклеофилами и сильными к-тами. Аналогично нитратам органическим обладает ограниченной термич. стойкостью; константа скорости его гомолитич. распада в жидком состоянии с отрывом NO_2 $k = 10^{14,65} \exp(1 - 160000/RT) \text{ c}^{-1}$, где R – газовая постоянная, T – абс. т-ра.

Э. – мощное бризантное ВВ, но менее чувствительное к удару и трению, чем нитроглицерин. Скорость детонации 7200 м/с, может детонировать с малой скоростью 1000–3000 м/с; критич. диаметр детонации 1,9 мм. Объем газообразных продуктов взрыва 0,737 м³/кг; $\Delta H_{\text{взрыва}}^0$ –6600 кДж/кг. Жидкий Э. при давлениях ниже 1 МПа горит стационарно (при 0,1 МПа скорость горения 0,3 мм/с; критич. диаметр 10 мм). При давлении выше 1,5 МПа Э. горит в турбулентном режиме; зависимость скорости горения от давления становится в десятки раз более сильной, хотя и сохраняет линейный характер.

985

32 Химич. энци., т. 5

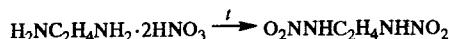
Пром. способы получения Э. – этерификация этиленгликоля смесью HNO_3 и H_2SO_4 состава 1:1.

Э. – компонент нек-рых смесевых ВВ, напр. труднозамерзающих динамитов, порохов; заменитель нитроглицерина.

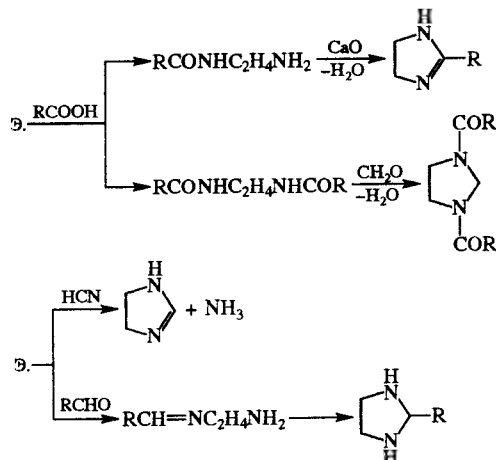
Лит.: Андреев К.К., Термическое разложение и горение взрывчатых веществ, М., 1966; Орлова Е.Ю., Химия и технология бризантных взрывчатых веществ, Л., 1981, с. 276–78. Б.А. Третьяков.

ЭТИЛЕНДИАМИН (1,2-диаминоэтан) $\text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{NH}_2$, мол. м. 60,099; бесцв. жидкость с аминным запахом, дымящая на воздухе; т. пл. 10,9 °С, т. кип. 117 °С; d_4^{20} 0,8966; n_D^{20} 1,4571; μ 6,34·10⁻³⁰ Кл·м; η 1,35 мПа·с (25 °С); давление пара 1,21 кПа (20 °С); C_p 3,41 Дж/(г·К); $\Delta H_{\text{всп}}^0$ 636,4 Дж/г. рК₁ 3,83, рК₂ 6,56; образует с водой азетропную смесь (81,6% по массе Э., т. кип. 119 °С); смешивается с водой (с разогревом) и с большинством орг. р-рителей, не раств. в углеводородах.

Э. обладает хим. св-вами *диаминов*. С к-тами образует два ряда солей, с металлами (Cu, Mn, Co и др.) – комплексные соли. Нитрат Э. при нагр. отщепляет две молекулы воды с образованием взрывчатого в-ва – этилендинитрамина:



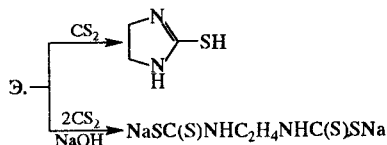
Нагревание Э. с одноосновными карбоновыми к-тами приводит к моно- и диамидам, способным циклизироваться в имидазолины и имидазолидины; аналогично протекают р-ции с HCN и альдегидами, напр.:



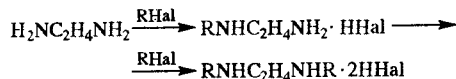
Самоконденсация Э. при повышенных т-ре и давлении в присут. катализатора дает пиперазин, конденсация Э. с 1,2-дикетонами – 2,3-дигидропиазины, с мочевиной – 2-имидазолидин (этиленмочевину).

При взаимод. Э. с ClCH_2COOH или со смесью CH_2O и HCl образуется *этилендиаминтетрауксусная кислота*.

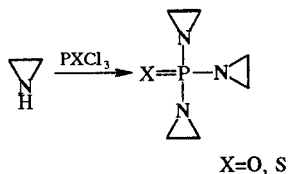
Р-ция Э. с 1 эквивалентом CS_2 приводит к 2-меркаптоимидазолину, с 2 эквивалентами CS_2 в присут. щелочи – к этилен-бис-(дитиокарбамату):



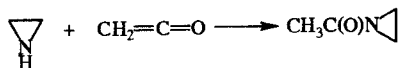
С алкилгалогенидами Э. дает моно- и дизамещенные продукты, с дигалогенидами образуются катионные полимерные продукты (водорастворимые или гелеобразные), напр.:



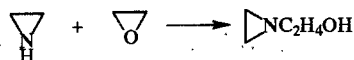
986



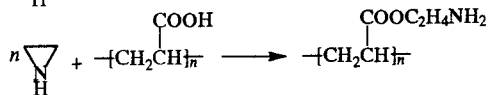
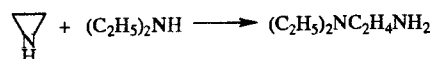
Гладко протекает присоединение Э. по активированным кратным связям, напр. при взаимодействии с кетеном с образованием N-ацетилэтиленмина:



Р-ция Э. с эпоксидами сопровождается раскрытием эпиксидного кольца и сохранением этиленминного, напр.:



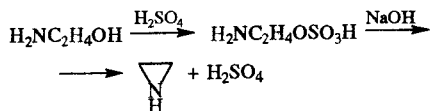
Р-ции раскрытия цикла Э. обычно включают протонирование атома N и послед. нуклеоф. атаку по одному из атомов С. При этом протекает β-аминоэтилирование мономерных или полимерных молекул, напр.:



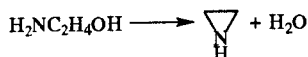
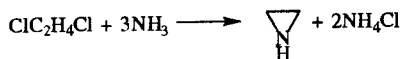
По такому же механизму происходит полимеризация Э., приводящая к полиэтиленмину.

Для аналит. определения Э. используют р-ции раскрытия цикла тиосульфатом, тиоцианатом или тиомочевинной, а также фотометрирование его окрашенных соед., напр. с 3-(4-нитробензил)пиридином.

В пром-сти Э. получают циклизацией моноэтаноламина через 2-аминоэтилсульфат по Венкеру:



Другие способы получения - взаимодей. 1,2-дихлорэтана с избытком NH_3 , прямая конверсия моноэтаноламина при 380 °C в присут. Nb-катализаторов:



В связи с токсичностью, летучестью и коррозионной активностью Э. в установках по его синтезу используют сварные соединения; они снабжены скрубберами с водным р-ром $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Э. используют для получения полиэтиленмина, при гибридизации с-х. растений и микроорганизмов (напр., при получении антибиотиков), аминоэтилировании полимеров (напр., акрилатов), улучшения их адгезии к разл. пов-стям (водоэмульсионные краски); полифункциональные производные Э. - сшивающие агенты.

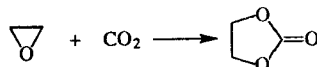
Э. токсичен, проявляет тератогенную и мутагенную активность, вызывает тяжелые отравления; кожный контакт должен быть полностью исключен. ЛД₅₀ 14 мг/кг (крысы, перорально), 13 мг/кг (кролики, внутримышечно); ПДК в воздухе рабочей зоны 0,02 мг/м³, в атм. воздухе - 0,001 мг/м³. Т. всп. -11 °C.

Лит.: Гембицкий П.А., Жук Д.С., Каргин В.А. Химия этиленмина, М., 1966; The chemistry of heterocyclic compounds, ed. by A. Weissberger, 1983, v. 42, pt 1, № 4; Ullmann's Encyclopédie, 5 Aufl., Bd A3, Weinheim, 1985, S. 239. П.А. Гембицкий

ЭТИЛЕНКАРБОНАТ (1,2-этиленкарбонат, 2-оксо-1,3-диоксолан, гликолькарбонат, ф-ла I), мол. м. 88,06; бесцв. кристаллы без запаха; т. пл. 38,5-39 °C, т. кип. 248 °C; d_4^{20} 1,3222; n_D^{20} 1,4190; $t_{\text{крип}}$ 500 °C, $p_{\text{крип}}$ 6,2 МПа; γ 54,5 мН/м; μ $16,2 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; давление пара, кПа: 0,9 (109 °C), 1,5 (119 °C), 3,02 (135 °C), 5,61 (150 °C), 7,2 (157 °C), 9,1 (164 °C); C_p 135 Дж/(моль·K); $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 13,3 кДж/моль, $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 56,5 кДж/моль (130 °C), $\Delta H_{\text{гор}}^0$ -1171 кДж/моль. Э. раств. в этаноле, диэтиловом эфире, ацетоне, ароматич. углеводородах, карбоновых к-тах; не раств. в алифатич. углеводородах, CS_2 . Смешивается с водой. Э. в жидком виде растворяет многие полимеры, полиэфирные волокна и смолы, напр. полиакрилонитрил, ПВХ, нитрат и ацетат целлюлозы, полиэтилентерефталат.

По хим. св-вам аналогичен пропиленкарбонату (см. также Карбонаты органические).

Получают Э. взаимодей. этиленоксида с CO_2 в присут. галогенидов щелочных металлов или тетраалкиламмония при т-ре 150-200 °C и давлении 2-8 МПа:



Э. может быть получен конденсацией этиленгликоля с производными угольной к-ты (фосгеном, эфирами хлоругольной к-ты, диалкилкарбонатом); взаимодей. этиленхлоргидрина с Na-солью алкилкарбонатов или с концентрир. р-рами неорг. карбонатов.

Э. - р-тель полимеров в хим. и текстильной пром-сти, эстетрагент ароматич. углеводородов, исходное в-во для синтеза мономеров и полимеров, пластификаторов, модификаторов и средств защиты растений.

Э. не вызывает коррозии, малотоксичен.

Лит. см. при ст. Пропиленкарбонат.

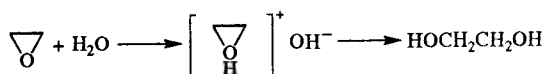
Н.С. Баринев.

ЭТИЛЕНОВОЕ УГЛЕВОДОРОДЫ, то же, что олефины.

ЭТИЛЕНОКСИД (этиран, 1,2-эпоксиэтан, окись этилена), мол. м. 44,05; бесцв. газ или жидкость с характерным эфирным запахом; т. пл. -112,5 °C, т. кип. 10,7 °C; d_4^{20} 0,8697; n_D^{20} 1,3597; длины связей 0,1462 нм (C—C), 0,1086 нм (C—H), 0,1428 нм (C—O), углы HCN 116,9°, СОС 61,62°; $t_{\text{крип}}$ 195,8 °C, $p_{\text{крип}}$ 7,19 МПа; давление пара 145,8 кПа (20 °C); η 0,26 МПа·с (20 °C); γ 24,3 мН/м (20 °C); μ $6,34 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 25,82 кДж/моль; $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 5,17 кДж/моль; $\Delta H_{\text{гор}}^0$ -1306 кДж/моль (газ); хорошо раств. в воде, этаноле, углеводородах и др. орг. р-рителях.

При нагр. до 300 °C Э. устойчив, св. 400 °C в смеси с N_2 изомеризуется в ацетальдегид или образует этилен (при избытке Э.); при окислении O_2 в водном р-ре AgNO_3 образуется гликолевая к-та, при окислении на окисных и Ag-кат. - CO_2 и H_2O ; при гидрировании над Ni-кат. при 30 °C - этанол.

Для Э. характерны р-ции, сопровождающиеся размыканием цикла, что используют для оксидэтилирования (введение групп $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ в орг. соед.). Большинство р-ций с нуклеоф. реагентами протекают через промежут. образование оксониевого комплекса. Гидратация Э. при 130-150 °C и давлении 1,5-2 МПа в присут. кислотных или основных катализаторов приводит к этиленгликолю:



При взаимодействии Э. с галогеноводородами в водной среде образуются галогенгидриды; наиб. легко реагируют HBr и HI, труднее — HCl; р-цию с HF проводят в среде диэтилового эфира (безводный HF вызывает цепную полимеризацию Э.).

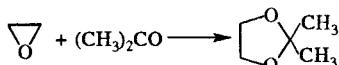
Со спиртами при нагревании Э. дает *целлозольвы*, а при избытке Э. — *карбитолы* или эфиры полигликолей. С NH_3 в присут. небольшого кол-ва воды образуется смесь моно-, ди- или триэтанолминов; р-ция диалкилэтанолминов с Э. приводит к аминопроизводным полиэтиленгликолей:



Э. легко реагирует с HCN в присут. щелочей, образуя этилендиангидрин, при дегидратации к-рого получают акрилонитрил.

С H_2S в присут. воды при нагр. Э. дает тиогликоль $\text{HSCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ и тиодигликоль $\text{S}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_2$; в присут. Al_2O_3 при 200 °С — 1,4-дигидран или 1,4-оксатан, с тиолами образуются соответствующие орг. сульфиды.

Р-ция Э. с орг. к-тами или их ангидридами приводят к моно- и диэфирам этиленгликоля; с альдегидами и кетонами в присут. SnCl_2 или BF_3 — к циклич. ацеталам или кеталам, напр.:



Э. вступает в р-цию Фриделя-Крафта с ароматич. углеводородами; эта р-ция лежит в основе синтеза β-фенилэтилового спирта, последний образуется также при взаимодействии Э. с фенилмагниихлоридом.

Р-ция Э. с CO_2 в присут. четвертичных солей аммония, фосфония и третичных аминов при 150–200 °С и давлении 2–8 МПа приводит к этиленкарбонату.

Э. легко полимеризуется, в зависимости от природы инициатора можно получать *полиэтиленоксид* разл. мол. массы. Известны также блоксополимеры Э., напр. с пропиленоксидом (см. *Проксанолы*), с пропиленоксидом и этилендиамином (см. *Проксамины*). При димеризации Э. образуется 1,4-диоксан.

Осн. пром. метод синтеза Э. — окисление этилена. Процесс осуществляют в трубчатых реакторах на неподвижном слое катализатора (серебро с промотирующими или модифицирующими добавками, нанесенное в кол-ве 10–15% по массе на пористый корундовый носитель) при 200–300 °С и давлении 1–3 МПа, окислителями могут служить воздух или кислород.

Э. может быть получен также дегидрохлорированием этиленхлоргидрина (этот метод ранее использовался в пром-сти), действием щелочи на β-хлорэтилацетат $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{OSOC}_2\text{H}_5$ при 100 °С либо на этилгипохлорит $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCl}$, окислением этилена орг. надкислотами (р-ция Прилежаева).

Э. — важный продукт основного орг. синтеза. Его применяют в произ-ве этиленгликолей, галогенгидринов, этаноламинов, диоксана, фенилэтанола, полиэтиленгликолей, неионогенных ПАВ, а также в медицине для стерилизации мед. инструментов, одноразовых шприцов.

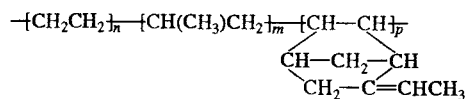
Э. — горюч, взрывоопасен и токсичен; КПВ 3–100% (по объему); т. всп. < –18 °С; при 22-кратном разбавлении становится негорючим. Оказывает общеядовитое действие, раздражает кожу и слизистые оболочки. ПДК в воздухе рабочей зоны 1 мг/м³.

Мировое произ-во ок. 9 млн. т в год (1989).

Лит.: Окисл. этилена, М., 1967; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 9, N. Y., 1980, p. 432–71.

Б. Б. Чесноков.

ЭТИЛЕН-ПРОПИЛЕНОВЫЕ КАУЧУКИ, сополимеры этилена с пропиленом или терполимеры этих двух мономеров с несопряженным диеном. В качестве диена, вводимого для облегчения вулканизации в кол-ве 0,5–3 мол. %, чаще всего используют этилендиборборнен, реже — дициклопентадиен, 1,4-гексадиен и метилтетрагидроинден. Общая ф-ла сополимера $[\text{CH}_2\text{CH}_2]_n[\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2]_m$, ф-ла терполимера с этилендиборборненом



Структура и св-ва каучуков. Макромолекула Э.-п. к. содержит от 50 до 70 мол. % этиленовых звеньев, сополимеры с большим кол-вом этих звеньев в молекуле являются термопластами. Мол. м. 80–250 тыс.; плотн. 0,85–0,87 г/см³; т. стекл. от –55 до –70 °С; C_p 2,17 кДж/(кг·К); теплопроводность $20,81 \cdot 10^{-4}$ Вт/(м·К); коэф. линейного расширения $2,2 \cdot 10^{-4}$ град⁻¹, ρ_v (5–10) $\cdot 10^{16}$ Ом·см; ϵ 2,2–2,4. Э.-п. к. мало набухают в полярных р-рителях, но нестойки к действию углеводородных масел и неполярных р-рителей.

Основные цепи сополимера и терполимера не содержат двойных связей, поэтому Э.-п. к. превосходят др. типы СК по озоно-, свето- и атмосферостойкости; обладают длит. теплоустойчивостью при т-рах до 150 °С и кратковременной при 200 °С; стойки к воздействию окислит. и агрессивных сред. Для длит. хранения Э.-п. к. стабилизируют обычно бесцв. антиоксидантами фенольного типа (0,2–0,5% от массы каучука), в нек-рых случаях применяют окрашивающие антиоксиданты, напр. фенил-β-нафтиламин (неозон Д). Недостатки Э.-п. к. — низкая масло- и огнестойкость.

Каучуки с низким содержанием пропилена (20–30%) характеризуются высокой прочностью невулканизованной смеси, каучуки с высоким его содержанием (45–50%) — низкой прочностью, но достаточно высокой морозостойкостью. В зависимости от мол. массы Э.-п. к. делят на низко-, средне- и высоковязкие; их вязкости по Муни, измеренные при 100 °С, 120 °С, 125–200 °С, составляют соотв. 25–60, 60–100 и 100–120 единиц.

Получение каучуков. Осн. пром. способы произ-ва Э.-п. к. — сополимеризация этилена с пропиленом (и диеном) на катализаторах Циглера-Натты в присут. тяжелых углеводородных р-рителей или в суспензии в жидком пропилене. Осн. пром. катализаторы — системы, содержащие соед. V (VOCl_3 , VCl_4 , триацетилацетон V) и алюминийалкилы или алюминийгалогеналкилы $[\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}]$, $[\text{Al}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Cl}_3]$.

Полимеризацию в тяжелых углеводородных р-рителях — н-гексане, н-гептане или бензине с т. кип. 80–110 °С — проводят при 30 °С в реакторе непрерывного типа с мешалкой и охлаждением или в каскаде из 2–5 реакторов, куда поступают мономеры, очищенные от влаги и полярных р-рителей, и катализатор. Во избежание излишнего повышения вязкости смеси сополимеризацию обрывают при получении р-ра с концентрацией Э.-п. к. 8–10% по массе, для чего добавляют разл. спирты. После частичного удаления непрореагировавших мономеров в р-р вводят антиоксиданты и удаляют катализатор промывкой реакц. смеси водой, этанолом и соляной к-той. После отгонки р-рителя с парами воды (т. наз. метод водной дегазации) выделяют каучук; иногда выделение из р-ра осуществляют путем осаждения этанолом.

Полимеризацию мономеров в суспензии в жидком пропилене проводят при т-ре от –20 до 40 °С. Компоненты катализич. системы вводят в реактор раздельно в виде р-ров в жидком пропилене или бензине; активный катализич. комплекс образуется непосредственно в реакц. зоне. Полученная суспензия каучука в пропилене (25–36% по массе) поступает на водную дегазацию, а затем обезвоживается в червячно-отжимных прессах.

Низковязкие Э.-п. к. получают обычно полимеризацией в р-ре, высоковязкие — в суспензии. В последнем случае выход каучука выше, легче ведется контроль ММР. Выпускают Э.-п. к. в виде гранул, резаных узких полос или прессованных кип.

Переработка каучука. Э.-п. к. обычно не пластифицируют; для получения резиновых смесей необходимой пластичности выбирают каучуки с соответствующей вязкостью. Э.-п. к. легко смешиваются с ингредиентами в резиносмесителях и на вальцах. Изделия изготовляют методом литья под давлением, каландрованием, экструзией.

Наряду с ненаполненными Э.-п. к. выпускают наполненные каучуки; осн. наполнители – слабощелочная или нейтральная печная сажа (для темных каучуков), минер. наполнители, не имеющие кислот р-ции (мел, кремнезем, каолин). Тип пластификатора Э.-п. к. выбирают в зависимости от используемой в дальнейшем вулканизирующей смеси; для сополимеров это гл. обр. насыщенные минер. масла, парафины, сложные эфиры, полиалкилбензолы; для терполимеров применяют также вулканизирующие пластификаторы – низкомолекулярные полибутadiены с высоким содержанием винильных звеньев.

Э.-п. к. вулканизируют при 150–180 °С в течение 10–60 мин; осн. вулканизующие агенты для сополимера – кумилпероксид, трет-бутилпероксид, некие ненасыщенные пероксиды с соагентами (S, триаллилизоцианурат и др.), для терполимера – гл. обр. S с ускорителями вулканизации (каптакс, тетраметилтиурамдисульфид), феноло-формальдегидные смолы. С применением феноло-формальдегидных смол получают резины с высокой озоностойкостью, при использовании пероксидов в сочетании с S и ускорителями вулканизации – резины с высокой стойкостью к агрессивным средам, при применении S и тетраметилтиурамдисульфида – резины с хорошими физ.-мех. характеристиками.

Для устранения недостатков Э.-п. к. – низких адгезии, масла и огнестойкости, невысокой скорости экструзии при изготовлении изделий – каучуки совмещают с др. СК. Так, сополимер хорошо совмещается с термопластами (особенно полиэтиленом и полипропиленом) и с бутилкаучуком. Терполимеры совулканизируются с бутадиен-нитрильными, полихлоропреновыми, бутадиен-стирольными и бутадиеновыми каучуками.

Осн. применение Э.-п. к. – в качестве изоляции проводов и кабелей, для получения (в смеси с полипропиленом) ударопрочных пластмасс, изготовления автомобильных уплотнительных деталей, велосипедных шин, гуммированных покрытий, теплоустойчивых конвейерных лент, прорезиненных тканей, рукавов.

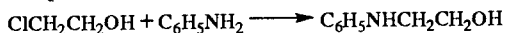
Мировой объем произ-ва ок. 600 тыс. т в год (1989). Выпускаются под назв. висталон, эпсин, нордель, эпкар (США), дютрал (Италия), эспрен ЕРДМ и митцунерт (Япония), СКЭП и СКЭПТ (Россия).

Лит.: Кисин К.В. и [др.], «Каучук и резина», 1981, № 6, с. 5–8; Говорова О.А., Фролов Л.Е., Сорокин Г.А., в сб.: Свойства резин на основе этилен-пропиленовых каучуков, М., 1986; Говорова О.А., там же, М., 1989; Drake R.E., Gummi, Asbest, Kunststoffe, Jahrg. 35, 1982, S. 180–85; Dural Ethylene-propylene elastomers. Technical Inform., Montedison, 1985; О. А. Говорова.

ЭТИЛЕНСУЛЬФИД, см. *Олефинов тиооксиды*.

ЭТИЛЕНХЛОРИДРИН (2-хлорэтанол, β-хлорэтиловый спирт, хлоргидрин этиленгликоля) $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$, мол.м. 80,51; бесцв. малоподвижная жидкость с приятным эфирным запахом; т. пл. 67,5 °С, т. кип. 128,7 °С; d_4^{20} 1,2003; n_D^{20} 1,4419; давление пара (кПа) 0,13 (–4 °С), 0,67 (19 °С), 53,32 (110 °С); η 3,43 мПа·с (20 °С); γ 38,9 мН/м (20 °С); μ 5,84 · 10^{–30} Кл·м; $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 515 кДж/кг (126,5 °С); смешивается с водой, спиртами, эфирами в любых соотношениях, с водой образует азеотропную смесь (42,3% по массе Э., т. кип. 97,8 °С).

Э. вступает в р-ции, характерные как для спиртов, так и для галогензамещенных углеводородов. При нагревании с водой в присут. щелочных агентов легко гидролизруется до этиленгликоля. При окислении HNO_3 или CrO_3 превращается в ClCH_2COOH ; при кипячении с небольшим конц. H_2SO_4 – в $(\text{ClCH}_2\text{CH}_2)_2\text{O}$, при этерификации карбоновыми к-тами RCOOH – в $\text{RCOOCCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$; с алколятами образует моноэфир этиленгликоля; при действии гидроксидов Ca, Na, Ba – этиленоксид; с водным NH_3 – смесь моно-, ди- и триэтаноламинов. С первичными и вторичными аминами Э. образует производные этаноламинов, напр.:



С солями щелочных металлов при повышенной т-ре Э. вступает в р-ции обмена атома Cl (р-ция с нитрилами идет в присут. каталитич. кол-в CuCN), хлорируется при 50–90 °С в

жидкой фазе с образованием хлорала (в присут. воды выход хлорала увеличивается).

Получают Э. из этилена; р-цию проводят при 60–80 °С при непрерывной подаче этилена и хлора в 8–10%-ный водный раствор Э. (в процессе р-ции образуется HClO , к-рая и реагирует с этиленом); р-р концентрируют (до 25–30%), добавляют NaCl, к-рый вызывает его расслоение. Орг. слой, содержащий 70% Э., ректифицируют; сначала отделяется азеотропная смесь, затем безводный Э.

Э. может быть получен также взаимодей. этиленгликоля с HCl или S_2Cl_2 либо р-цией этиленоксида с HCl .

Водный р-р Э. – антифриз; безводный Э. – р-ритель эфиров целлюлозы, применяемых в лакокрасочной и др. отраслях пром-сти. Э. может использоваться для получения этиленгликоля и его производных, этаноламинов; для произ-ва этиленоксида утратил свое значение.

Э. сильно действует на нервную систему и обмен веществ, раздражает слизистые оболочки. ПДК в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м³.

Взрыво- и пожароопасный продукт, т. всп. 55 °С, т. воспл. (в закрытом приборе) 58,9 °С, т. самовоспл. 425 °С; КПВ 4,9–15,9% (по объему).

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, М., 1978, с. 70–76. Ю. А. Треггер.

ЭТИЛОВАЯ ЖИДКОСТЬ, гомогенная смесь тетраэтилсвинца (54–63% по массе) с галогенопроизводными углеводородов (34–45%) – обычно со смесью этилброма, дибром- и дихлорэтанов и хлорнафталина (см. *Антидетонаторы моторных топлив*); содержит также наполнитель (авиабензин), антиокислитель (напр., *n*-гидроксидифениламин) и красящее в-во. Э. ж. – маслянистая жидкость; d_4^{20} 1,5–1,7; не раств. в воде, раств. в бензинах, жирах, маслах. Используют для повышения детонац. стойкости бензинов (добавка 0,5–4 мл к 1 кг бензина увеличивает октановое число на 4–15 единиц). Высокоотоксична (поэтому для предотвращения применения не по назначению этилри. бензины окрашивают). Использование Э. ж. сокращается.

Лит.: Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашин В.Л., Химмотология, М., 1986, с. 112, 113.

ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ (этанол, метилкарбинол, винный спирт) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, мол.м. 46,069; бесцв. легкоподвижная жидкость с характерным запахом и жгучим вкусом; т. пл. –114,15 °С, т. кип. 78,39 °С; d_4^{20} 0,78927; n_D^{20} 1,3611; $t_{\text{крип}}^0$ 243,1 °С, $p_{\text{крип}}^0$ 6,395 МПа, $d_{\text{крип}}^0$ 0,275 г/см³; η 1,17 мПа·с (20 °С); γ 231 мН/м (25 °С); μ 5,67 · 10^{–30} Кл·м (в бензоле); C_p (20 °С) 2,428 кДж/(кг·К) (для жидкости), 1,197 кДж/(кг·К) (для пара); $\Delta H_{\text{исп}}^0$ 839,3 Дж/г; $\Delta H_{\text{пл}}^0$ 4,81 кДж/моль; $\Delta H_{\text{гор}}^0$ –29,68 кДж/г; $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –234,8 кДж/моль (для пара); S_{298}^0 281,380 Дж/(моль·К), ϵ 25,7 (20 °С).

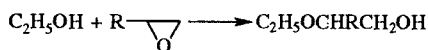
Э. с. смешивается во всех соотношениях с водой (св-ва водных р-ров Э. с. приведены в табл.), спиртами, диэтиловым эфиром, глицерином, хлороформом, ацетальдегидом, бензином и др.; образует азеотропные смеси с водой (95,6% по массе Э. с., т. кип. 78,15 °С); бензолом (32,4%, 68,24 °С); гексаном (21%, 58,7 °С); толуолом (68%, 75,65 °С); этилацетатом (30,8%, 71,8 °С) и др., а также тройные азеотропные смеси, напр. Э. с. – бензол – вода (содержание в % по массе

СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭТИЛОВОГО СПИРТА

Содержание этилового спирта в фазе, молярные %		Т. кип., °С	
жидкость	пар		d_4^{20}
10	43,7	86,2	0,96571
20	52,8	82,9	0,93697
30	57,25	81,64	0,89848
40	61,02	80,66	0,88396
50	64,75	79,96	0,86308
60	69,8	79,4	0,84509
70	75,3	78,89	0,82296
80	81,55	78,47	0,81499
90	89,9	78,2	0,80178
100	100	78,39	0,78927

соотв. 18,5–74,1–7,4, т. кип. 64,86 °С), Э. с. – дихлорэтан – вода (17–78–5, 66,7 °С). Э. с. горит бледно-голубым пламенем.

Химические свойства. Э. с. – типичный одноатомный алифатич. спирт. С металлами образует этилаты, напр. C_2H_5ONa , $(C_2H_5O)_3Al$; с неорг. и орг. к-тами, ангидридами, галогенангидридами – сложные эфиры, напр. с H_2SO_4 этилсульфат $C_2H_5OSO_3H$ или диэтилсульфат $(C_2H_5O)_2SO_2$, с CH_3COOH – этилацетат. Р-ция с эпоксидами приводит к раскрытию кольца и образованию гидроксиэфиров, напр.:



Дегидратация Э. с. приводит к этилену или диэтиловому эфиру; дегидрирование – к ацетальдегиду; р-ция с альдегидами и кетонами $RR'CO$ – к ацеталам $RR'C(OC_2H_5)_2$; с $NaClO$ – к хлороформу (см. *Галоформная реакция*), хлорирование – к хлоралу; взаимод. с NH_3 – к моно-, ди- и триэтиламином; р-ция с $POCl_3$ или SO_2Cl_2 в присут. третичных аминов – к полным эфирам фосфорной или серной к-ты. При пропускании паров Э. с. над сложным катализатором при 380–400 °С образуется 1,3-бутадиен, при взаимод. Э. с. с ацетиленом – винилэтиловый эфир $C_2H_5OCH=CH_2$.

Получение. В пром-сти Э. с. получают анаэробным брожением углеводов растит. происхождения в присут. дрожжей и гидратацией этилена. Перспективен способ получения Э. с. из синтез-газа: прямым синтезом из CO и H_2 либо через метиловый спирт.

Сырьем для произ-ва Э. с. служат пищевое растит. сырье, отходы деревообрабатывающей пром-сти, сульфитные щелоки.

Сбраживание пищевого растит. сырья – наиб. древний способ получения Э. с., известный с доисторич. времен. Перед брожением сырье (сок плодово-ягодных культур, зерно, картофель, меласса – отход сахароварения) очищают, толстокожурное зерно дробят и разваривают 1–2 ч острым паром при давлении 0,4–0,5 МПа для разрушения клеточных оболочек. Крахмалсодержащее сырье перед подачей на брожение осахаривают ферментсодержащим препаратом (солодом или микробными ферментами) при 60 °С. При необходимости сырье подкисляют, добавляют водный р-р аммиака и фосфаты. Брожение происходит в присут. дрожжей при 15–30 °С, длительность от 10–15 ч до 2–3 сут. Теоретич. выход Э. с. определяется ур-нием р-ции: $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$; практич. выход 90–93%. Побочно при брожении образуются метанол, спирты C_3 – C_5 , глицерин, янтарная к-та, ацетальдегид, сложные эфиры и др. Реакц. смесь после брожения (бражку) очищают на ректификационных установках: остаток от перегонки (барда) идет на корм скоту. Расход пищ. сырья на получение 1 т Э. с.: картофеля 10–13 т, ячменя 4–5 т, пшеницы и кукурузы 3,5–4 т. О механизме спиртового брожения см. в ст. *Брожение*.

Гидролиз отходов деревообрабатывающей пром-сти осуществляют водой в присут. к-т либо солей, дающих кислую р-цию (см. *Гидролизные производства*). Сбраживание полученных сахаров и выделение Э. с. из бражки аналогичны вышеописанному. Из 1 т сухой хвойной древесины получают 130–160 кг Э. с. и до 120 кг сжиженной углекислоты. При комплексной переработке гидролизата получают также фурфурол, кормовые дрожжи, гипс, лигнин. Метод используют в основном в России. За рубежом применяют ограниченно из-за высокой себестоимости спирта.

Для получения Э. с. из сульфитных щелоков (отход произ-ва целлюлозы методом сульфитной варки древесины) древесину обрабатывают р-ром, содержащим 3–6% своб. SO_2 и 2% SO_2 в виде гидросульфитов щелочных или щел.-зем. металлов при 135–150 °С и повыш. давлении. При этом целлюлоза не растворяется, а в р-р сульфитных щелоков переходят сульфолитин, олиго- и моносахариды, часть смол, формальдегид и др. Щелоки продувают паром или воздухом, нейтрализуют известковым молоком, отделяют от гипсового шлама и направляют на сбраживание. Выход Э. с. на 1 т

переработанной древесины ок. 80 кг; побочно образуется до 60 кг белковых дрожжей и 600–700 г сульфолитина.

Осн. пром. способ получения синтетич. Э. с. – прямая гидратация этилена; катализатор – ортофосфорная к-та на пористом носителе (силикагель, диатомит, кизельгур, пористые стекла и др.). В качестве побочных продуктов образуются: ацетальдегид, диэтиловый эфир, кротоновый альдегид, ацетон, спирты C_3 – C_4 , метилэтилкетон, низкомол. полиэтилен.

Технол. схема произ-ва Э. с.: смесь этиленсодержащего газа и воды нагревают в системе теплообменников (в осн. за счет тепла, выходящего из реактора потока, а на последней ступени – печи огневого нагрева или паром высокого давления в теплообменнике) и подают в реактор – цилиндрич. аппарат, заполненный катализатором (для защиты от коррозии реактор футеруется медью). На выходе из реактора или после охлаждения потока до точки росы реакц. смесь нейтрализуют р-ром щелочи. Поток охлаждают направляемым в реактор сырьем, на последней ступени – в водяном холодильнике. Э. с., непрореагировавшая вода и побочные продукты р-ции конденсируются, водно-спиртовой р-р (содержание Э. с. ок. 13%) сепарируется от непрореагировавшего этилена и направляется на узел выделения и очистки. Этиленсодержащий газ отмывается от остатков спирта водой, смешивается со свежими порциями этилена и вновь направляется в реактор.

Очистка Э. с. включает все или нек-рые из след. стадий: удаление из водно-спиртового р-ра легкокипящих головных фракций (ацетальдегид, диэтиловый эфир, ацетон, кротоновый альдегид, легкие полимеры) экстрактивной дистилляцией с водой; ректификацию кубового продукта и получение спирта-сырца (90–94% Э. с.); гидрирование спирта-сырца при 100 °С в паровой (давление 0,1–0,2 МПа), чаще жидкой фазе (давление 1,5–2,5 МПа) на никельсодержащем катализаторе; окончат. ректификацию (95–96%-ный Э. с.). Спирт, очищенный по полной схеме, по качеству не уступает пищевому.

Отходы произ-ва – высшие спирты (применяются как р-рители), диэтиловый эфир (рециклизуется на стадию гидратации либо используется как товарный продукт) и полимеры этилена (сжигаются).

Метод получения синтетич. Э. с. серноокислотной гидратацией этилена, распространенный в 40–60-х гг. 20 в., полностью вытеснен прямой гидратацией этилена; это связано со сложностью защиты оборудования от коррозии, высоким расходом H_2SO_4 и большими энергозатратами, проблемами экологии.

Произ-во Э. с. и выбор метода определяются наличием сырьевой базы и соотношением цен на пищевые и нефтепродукты.

Абсолютирование Э. с. осуществляют перегонкой с третьим компонентом, образующим с Э. с. и водой азеотроп, напр. с бензолом или циклогексаном. Установка для абсолютирования состоит из 2 колонн. В первую ректификац. колонну в середину подается 92–95%-ный Э. с., а в верхнюю часть – бензол. С верха колонны отбирается смесь Э. с., бензола и воды, из куба – абсолютир. Э. с. (концентрация 99,9%). Смесь конденсируется, охлаждается и направляется в разделит. сосуд для расслаивания. Бензол возвращается в колонну абсолютирования, а водно-спиртовой р-р – во вторую ректификац. колонну, в к-рой выделяют 92–95%-ный Э. с., рециклизуемый в первую колонну.

Разработаны способы пром. абсолютирования Э. с. на мол. ситах, полупроницаемых мембранах, абсорбцией жидким CO_2 , сжиженными алкенами и др. Иногда абсолютирование ведут азеотропной перегонкой с бензиновыми фракциями, особенно в случаях, когда абсолютир. Э. с. используется как добавка к моторному топливу. В препаративных целях Э. с. абсолютируют $CaCl_2$, $CuSO_4$, мол. ситами и др.

Идентифицируют Э. с. физ.-хим. методами либо через фенилуретан, т. пл. 57 °С.

Применение. Э. с. – р-ритель в лакокрасочной и фармацевтич. пром-сти, в произ-ве кинофотоматериалов, товаров радиоэлектроники и бытовой химии, ВВ и др. Сырье в произ-ве

диэтилового эфира, хлороформа, тетраэтилсвинца, ацетальдегида, уксусной к-ты, этилацетата, этиламина, этилакрилатов, этилсиликатов и др. Э. с. из пищ. сырья часто используют для получения чистого этилена. Э. с. — компонент антифриза, топливо для реактивных двигателей. В ряде стран — компонент автомобильного топлива: повышает октановое число, сокращает расход бензина, снижает содержание вредных в-в в выхлопных газах. Содержание Э. с. в автомобильном топливе в зависимости от сырьевой базы составляет от 10% в США до полной замены бензина этанолом в Бразилии.

Для техн. целей часто используют денатурированный спирт (денатурат) — спирт-сырец, содержащий добавки красителя, окрашивающего Э. с. в сине-фиолетовый цвет, и спец. в-в, придающих ему неприятный запах и вкус; денатурат ядовит. В медицине Э. с. применяется для дезинфекции, как поверхностное сосудоуспокаивающее ср-во, коагулянт белка, в т. ч. при лечении ожогов. Значит. часть Э. с. идет на изготовление спиртных напитков.

Э. с. чрезвычайно гигроскопичен, при концентрации выше 70% (по объему) прижигает кожу и слизистые оболочки; при приеме внутрь угнетает центры торможения мозга, вызывает опьянение, при многократном употреблении — алкоголизм.

Легко воспламеняется, т. всп. 13 °С, т. самовоспл. 404 °С, пределы взрываемости: температурные 11–41 °С, концентрационные 3,6–19% (по объему), ПДК в атм. воздухе 5 мг/м³, в воздухе рабочей зоны 1000 мг/м³, ЛД₅₀ 9 г/кг (крысы, перорально).

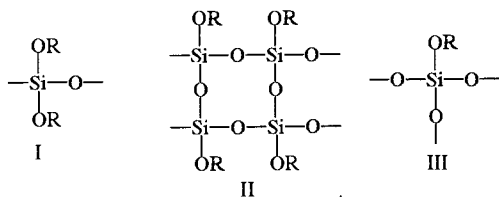
Наиб. крупные производители Э. с. (тыс. т в год): Бразилия 7500 (1985), США 2700 (1986), Россия 1200 (1989), Великобритания 200 (1986), Япония 179 (1985).

Впервые Э. с. выделен из продуктов брожения в Италии в 11–12 вв. Абсолютир. Э. с. получил перегонкой водного р-ра над поташом Т. Е. Ловид (1796). В 1855 М. Бертоло синтезировал Э. с. из этилена через этилсерную к-ту. Произ-во синтетич. Э. с. началось в 1930 в США.

Лит.: Брунштейн Б. А., Кляменко В. Л., Цыркин Е. Б., Производство спиртов из нефтяного и газового сырья, Л., 1964; Сапожников С. А., Использование сульфитных щелоков, 2 изд., М., 1965; Технология гидролизных производств, М., 1973; Стабников В. Н., Ройтер И. М., Прокоп Т. Б., Этиловый спирт, М., 1976; Новые тенденции в производстве синтетического этилового спирта, М., 1981; Справочник по производству спирта. Сырье, технология и техконтроль, М., 1981. Б. С. Боуден.

ЭТИЛОВЫЙ ЭФИР, то же, что *диэтиловый эфир*.

ЭТИЛСИЛИКАТЫ, техн. название олигоэтоксисилоксанов, содержащих в молекуле линейные (ф-ла I), циклолинейные (II) и разветвленные (III) фрагменты ($R = C_2H_5$):

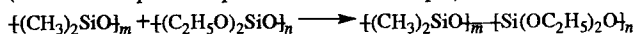


Концевыми группами служат триэтоксисилильные фрагменты $(C_2H_5O)_3Si$.

При обозначении марок Э. указывают содержание SiO_2 : Э.-32, Э.-40, Э.-50 содержат соотв. 32, 40 и 50% SiO_2 (по массе). В наиб. кол-вах производят Э.-40 (ЭТС-40) — олигомер, ср. состав к-рого соответствует ф-ле $(RO)_3Si[OSi(OR)_2]_4OSi(OR)_3$, содержит $(41 \pm 1)\%$ SiO_2 , 10–15% тетраэтоксисилана, не более 0,5% HCl.

ЭТС-40 — горючая, легковоспламеняющаяся, взрывоопасная жидкость, плотн. $(1,06 \pm 0,01)$ г/см³, т-ра замерзания ниже –60 °С, кинематич. вязкость 3,5–6 мм²/с, не раств. в воде, раств. в орг. р-рителях. Т. всп. 83 °С (в открытом тигле) и 38 °С (в закрытом тигле), т. воспл. 240 °С; температурные пределы воспламенения 38–100 °С, КПВ 0,7–23% (по объему). ПДК в воздухе рабочей зоны 20 мг/м³, длит. воздействие выше ПДК раздражает слизистые оболочки глаз и дыхат. путей.

Э. вступают в р-ции, характерные для *кремнийорганических соединений*. С олигодиметилсилоксанами при нагр. в присут. тетраметиламмонийгидроксида образуют блок-сополимеры (см. также *Кремнийорганические полимеры*):



Получают Э. из тетрахлорсилана в 2 стадии: частичная этерификация этанолом и последующая гидролитич. этерификация водным р-ром этанола. Э. могут быть получены также гидролитич. поликонденсацией тетраэтоксисилана.

Применяют Э. в литейном произ-ве как связующее при изготовлении форм (отливка авиационных, автомобильных двигателей, запорной арматуры газовых скважин и пр.), в композициях с хлоридами Fe и Ti — в качестве тампонажных составов при добыче нефти (ремонт обводненных скважин), как вулканизующие агенты при отверждении материалов на основе кремнийорг. полимеров.

А. С. Шаткин.

ЭТИЛХЛОРИД (хлорэтан, хлористый этил) C_2H_5Cl , мол. м. 64,52; бесцв. газ; т. пл. –138,3 °С, т. кип. 12,27 °С; d_4^{20} 0,8978, плотн. по воздуху 2,23; n_D^{20} 1,3676; длины связей 1,77 нм (C—Cl), 1,55 нм (C—C); энергии связей (кДж/моль): 406,43 (C—H), 336,4 (C—Cl), 371,1 (C—C); $t_{\text{крист}}$ 187,2 °С, $p_{\text{крист}}$ 5,27 МПа, $d_{\text{крист}}$ 0,33 г/см³; η (МПа·с) жидкости 0,502 (–40 °С), 0,330 (0 °С), 0,155 (100 °С), пара 6,88 (–60 °С), 9,11 (0 °С), 12,08 (100 °С), 22,25 (400 °С); γ (мН/м) 24,2 (–40 °С), 21,6 (0 °С), 19,5 (20 °С), 9,4 (100 °С); μ $6,0 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; давление пара (кПа) 1,3 (–66,4 °С), 24,5 (–20 °С), 60,7 (0 °С), 135 (20 °С), 1165 (100 °С), 5067 (180,5 °С); C_p^0 [кДж/(кг·К)] жидкости 1,474 (–40 °С), 1,574 (20 °С), 2,018 (100 °С), пара 0,90 (0 °С), 1,130 (100 °С), 1,821 (500 °С); $\Delta H_{\text{пл}}$ (кДж/кг) 418,7 (–20 °С), 379,1 (12,27 °С), 276,3 (100 °С); $\Delta H_{\text{исп}}$ 69,04 кДж/кг, $\Delta H_{\text{гор}}^0$ –1326 кДж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ –105,1 кДж/моль; S_{298}^0 274,9 Дж/(моль·К), коэф. теплопроводности [Вт/(м·К)] жидкости 0,1569 (–40 °С), 0,1301 (0 °С), 0,090 (100 °С), пара 0,00929 (0 °С), 0,01657 (100 °С), 0,03347 (300 °С); ϵ жидкости 10,43 (0 °С), пара 1,0132 (20 °С).

Э. хорошо раств. в орг. р-рителях; р-римость в воде (% по массе): 0,450 (0 °С), 0,574 (20 °С); р-римость воды в Э. 0,07 (0 °С), 0,36 (50 °С); образует азеотропную смесь с водой (т. кип. 11,8 °С, 99,6% Э.).

Э. реагирует с хлором в жидкой фазе в присут. инициаторов или в газовой фазе в присут. катализаторов (Al_2O_3 , силикагель и др.) с образованием смеси 1,1- и 1,2-дихлорэтанов, с понижением т-ры возрастает выход 1,1-дихлорэтана. С бромом при 100 °С в присут. Fe дает хлорбромэтан. При действии спиртовой щелочи в газовой фазе в объеме (выше 350 °С) или в присут. катализаторов (Al_2O_3 , силикагель, пемза и др.) дегидрохлорируется в этилен. Гидролизуетс в присут. щелочей до C_2H_5OH и $(C_2H_5)_2O$. В присут. металлов VIII гр. восстанавливается до этана; при 300–350 °С в избытке водорода — до метана; в присут. Na превращается в буган, с магнием дает реактив Гриньяра; при окислении образуются CO_2 , HCl и H_2O . Э. вступает в р-ции обмена атома Cl на NH_2 , CN и др.

Получают Э. гидрохлорированием этилена, как правило, в жидкой фазе в присут. $AlCl_3$ при –10 °С. Образующийся Э. промывают, нейтрализуют, сушат и ректифицируют. Э. получают также взаимод. C_2H_5OH с HCl либо хлорированием этана в газовой фазе в объеме.

Применяют Э. в произ-ве $Pb(C_2H_5)_4$, этилцеллюлозы, кремнийорг. соед.; Э. — р-ритель жиров, масел, прир. смол, восков и др.; ср-во для наружного наркоза.

Э. горюч, взрыво- и пожароопасен; т. всп. –50 °С (в закрытом приборе), –43 °С (в открытом), т. самовоспл. 494 °С; КПВ 3,8–15,4% (по объему), ПДК в воздухе рабочей зоны 50 мг/м³.

Произ-во Э. в США 69 млн. т в год (1988).

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, М., 1978. с. 44–52. Ю. А. Трезер.

ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗА (этоцел), простой этиловый эфир целлюлозы общей ф-лы $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OC_2H_5)_x]_n$. Э. — порошок белого цвета без вкуса и запаха. Число замещенных (х) в одном элементарном звене групп OH, или степень замещения

(СЗ), определяет весь комплекс физ.-мех. св-в Э; ее торговые марки имеют СЗ 2,2-2,6 и содержат 44,5–50,0% этокси групп. Мол. м. 24–70 тыс.; плотн. 1,09–1,17 г/см³; влагопоглощение 1,4–3,3%; т-ры плавления и размягчения (при СЗ 2,5) 165–180 и 134–145 °С.

Р-имость Э. также определяется степенью замещения и при СЗ > 2,4 она раств. в большинстве орг. р-рителей (бензол, толуол, этилацетат, бутанол, смесь бензол-этанол и др.), не раств. в воде, нефтепродуктах (напр., в бензине и гексане). Э. устойчива к действию конц. р-ров щелочей и разб. минер. к-т. В конц. р-рах к-т Э. деполимеризуется в течение неск. суток. Расплав нестабилизированной Э. на воздухе быстро окисляется уже при 150–160 °С, окрашиваясь в темно-коричневый цвет; введение стабилизаторов – дифениламина, 4-октилфенола и др. – позволяет предотвратить термоокислит. деструкцию. Э. совместима с большинством известных пластификаторов и смол: хороший диэлектрик; наиб. ценное св-во – высокая электр. прочность тонких пленок (150–250 кВ/мм).

В пром.-сти Э. получают преим. взаимод. т. наз. щелочной целлюлозы с этилхлоридом. Осн. технол. стадии: приготовление щелочной целлюлозы обработкой хлопковой или древесной целлюлозы 48–62%-ным р-ром NaOH; обработка щелочной целлюлозы этилхлоридом (гетерог. процесс) или его смесью с бензолом (гомог. процесс) в автоклаве при т-ре 80–140 °С и давлении 0,6–2,4 МПа в течение 8–12 ч; обработка полученной Э. горячей водой для осаждения продукта и удаления непрореагировавшего этилхлорида и побочных этанола и диэтилового эфира; отбелка – при получении Э. для пластмасс; сушка; дробление; сортировка. В пром. масштабе Э. выпускают только в США и России.

В лаб. условиях Э. можно получить взаимод. щелочной целлюлозы с диэтилсульфатом или этилиодидом, а также с этиловыми эфирами арилсульфокислот.

Э. – исходный продукт в произ-ве эфиروцеллюлозных пластмасс – *этролов*, пленок, лаков, эмалей. Э. используют также для приготовления антикоррозионных покрытий, наносимых из расплава при 80–110 °С и при необходимости легко удаляемых с изделий.

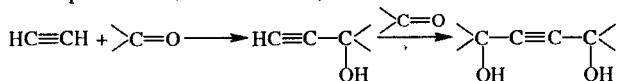
ПДК 7 мг/л (рыбохозяйств. водоемы); пыль Э. взрывоопасна: ниж. предел взрывоопасной концентрации 37,8 г/м³. Т. воспл. 330–360 °С, т. самовоспл. 657 °С.

Лит.: Бытенский В.Я., Кузнецова Е.П., Производство эфиров целлюлозы, Л., 1974; Справочник по пластмассам, 2 изд., т. 2, М., 1975; Энциклопедия полимеров, т. 3, М., 1977, с. 1027. См. также лит. при ст. Целлюлозы эфиры. В. Н. Крайчев.

ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ЛАКИ, см. Эфиروцеллюлозные лаки.

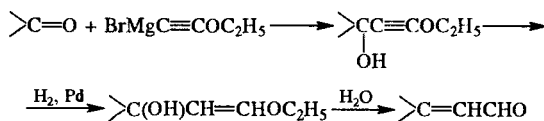
ЭТИНИЛИРОВАНИЕ (ацетилирование), введение этинильной группы – $\text{C}\equiv\text{CH}$ в молекулу орг. соед. В более широком смысле под Э. понимают введение группы – $\text{C}\equiv\text{CR}$. Этинилирующими агентами служат ацетилен или его монозамещенные производные, ацетилениды металлов, алкиленидмагнийгалогениды $\text{RC}\equiv\text{CMgHal}$ (реактивы Иоиича; см. *Иоиича реакция*). Р-цию проводят при умеренных или низких т-рах, как правило, в орг. р-рителях.

Наиб. распространено Э. карбонильных соединений. Э. альдегидов или кетонов ацетиленами в присут. ацетиленидов тяжелых металлов (Hg, Ag, Au) либо в присут. порошкообразного КОН при т-ре от –70 до 40 °С приводит к ацетиленовым спиртам (см. *Ренне реакции*, *Фаворского реакции*). Можно использовать в качестве этинилирующего агента ацетилениды щелочных металлов в среде жидкого NH_3 с послед. гидролизом (р-ция *Нефа*). Для получения продуктов моноэтинилирования применяют замещенные ацетилены или большой избыток ацетилена (более 2 эквивалентов), р-цию проводят под давлением до 1 МПа в атмосфере инертного газа (напр., азота) для понижения взрывоопасности процесса. При небольшом избытке ацетилена при 20 °С образуются симметричные ацетиленовые 1,4-диолы:

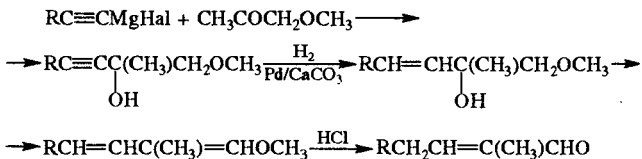


Наиб. легко этинилируются алифатич. и алициклич. кетоны, хуже – жирно-ароматические; из высших альдегидов преим. образуются β-алкинолы, из низших – ацетиленовые диолы.

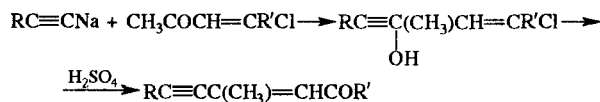
Э. карбонильных соед. этоксиэтилнидмагнийбромидом (либо этоксиацетиленом Li или его тиааналогом) – первая стадия получения α,β-непредельных альдегидов, полупродуктов в синтезе каротиноидов (р-ция *Аренса-Ван Дорпа*):



α,β-Непредельные альдегиды образуются также при Э. метоксиацетона реактивами Иоиича (р-ция *Инохфена*):

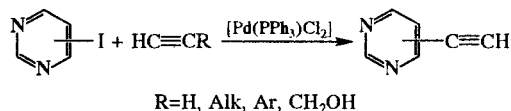


Э. β-хлорвинилметилкетона и его метильного производного ацетиленом Na приводит к ацетиленовым спиртам, к-рые перегруппировываются в ениновые альдегиды или кетоны – полупродукты для синтеза витамина А (р-ция *Джонса-Уидона*):



При Э. ацетиленов галогенацетиленами образуются несимметричные диацетилены (см. *Кадио-Ходкевича реакция*).

Э. может осуществляться замещением галогена на этинильную группу, напр.:

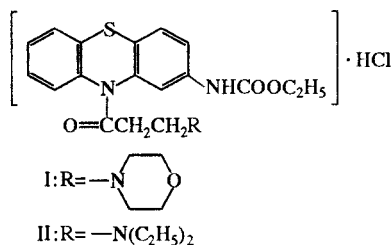


Э. широко применяют в тонком орг. синтезе. Э. карбонильных соед. используют как ключевую стадию в синтезе (в т. ч. промышленном) душистых в-в (гераниола, линалоола, нерола, цитраля и др.), биологически активных в-в (витаминов А, Е, К), каротиноидов.

Лит.: Котляревский И.Л., Шварцберг М.Е., Фишер Л.Б., Реакции ацетиленовых соединений, Новосиб., 1967; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1987, с. 222; т. 3, М., 1987, с. 95.

Р. А. Окунев.

ЭТМОЗИН [гидрохлорид этилового эфира 10-(3-морфолинпропионил)фенотиазин-2-карбаминовой к-ты, морацизин, ф-ла I], мол. м. 463,95; бесцв. темнеющие на свету кристаллы; т. пл. 188,5–200 °С; раств. в воде (1:15), плохо раств. в 95%-ном этаноле (1:40). Значение рН 2,5%-ного водного р-ра 3,5–4,1. Получают Э. из м-динитробензола последоват. действием ацетангида, бромбензола, гидразина (кат. – Ni), $\text{ClCOOC}_2\text{H}_5$, серы, $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{COCl}$, морфолина и HCl.



Э. оказывает спазмолитич., коронарорасширяющее и холиноблокирующее действие. Он эффективен при аритмиях, вызванных передозировкой сердечных гликозидов. Применяют при приступах пароксизмальной тахикардии, экстрасистолиях. Аналогичный Э. по хим. строению препарат – этиазин (Ш) – обладает более высокой терапевт. активностью.

Лит.: Яхонтов Л. Н., Глушков Р. Г., Синтетические лекарственные средства, М., 1983, с. 222; Ratner E. I. [a. a.], «Arzneim. Forsch.», 1989, Bd 39(11), № 7, S. 766–68; Pitton A. [a. a.], «Drugs», 1990, № 40(1), p. 139. Л. Н. Койков.

ЭТРОЛЫ (эфироцеллюлозные пластмассы), гранулированные пластмассы на основе *целлюлозы эфиров* – ацетата, ацетобутирата, ацетопропионата целлюлозы, этилцеллюлозы и нитрата целлюлозы. Содержат также низкомолекулярные (10–60% по массе) или полимерные (10%) пластификаторы, антиоксиданты (0,25%), светостабилизаторы (до 0,5%) и красители; в состав Э. на основе нитрата целлюлозы входят также до 50% минер. наполнителей.

Пластификаторами служат эфиры фталевой, себадиновой, адипиновой, лимонной и фосфорной к-т, камфора, высокомолекулярные полиэферы и др.; обычно используют смесь из 2–3 пластификаторов. Для повышения ударной прочности и морозостойкости в Э. вводят низкомолекулярный полиэтилен, поливинилхлорид, кремнийорг. жидкости и др. добавки. В качестве антиоксидантов чаще всего применяют производные фенолов, напр. 4-трет-бутилфенол, в качестве светостабилизаторов – производные салициловой к-ты или бензофенона, напр. фенилсалицилат, в качестве наполнителей – мелкораздробленный туф, каолин, тальк и др. неорг. в-ва. Окрашивают Э. оксидами Ti, охрой, нитрозокрасителями и др.

Технология получения Э. включает стадию подготовки сырья, смешение компонентов (40–80 °С, 20–40 мин), получение гранул методом экструзии при т-ре 150–220 °С.

Э. – термопластичные материалы, не поддерживающие горения (кроме нитроцеллюлозных Э.); плотн. 1,2–1,4 г/см³. Обладают удовлетворит. физ.-мех. и электроизоляц. св-вами ($\sigma_{\text{дл}} 30\text{--}70$ МПа, $\sigma_{\text{раст}} 20\text{--}50$ МПа; ρ , до 10^{16} Ом·см). Э. на основе нитрата целлюлозы, пластифицированные камфорой или касторовым маслом, наз. целлулоидом; его плотн. 1,3–1,35 г/см³, т-ра размягч. 80–90 °С, относит. удлинение 10–18%, ударная вязкость 110–115 кДж/м². Э. устойчивы к гидролизу, действию водных р-ров солей, нефтепродуктов, минер. масел, разб. HCl и H₂SO₄; раств. в этилацетате, CH₂Cl₂, ацетоне и др. р-рителях.

Э. на основе большинства эфиров целлюлозы перерабатывают в изделия всеми способами, применяемыми для термопластов (см. *Полимерных материалов переработка*), изделия из нитроцеллюлозных Э. изготавливают только прессованием.

Изделия из Э. хорошо поддаются мех. обработке, легко склеиваются р-рителями (ацетон, этилацетат) или клеями, содержащими р-ритель, и полируются (чаще всего выдержкой изделия в р-рителе с послед. сушкой в камерах или в его парах).

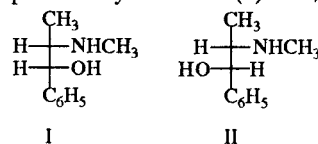
Применяют Э. в произ-ве труб для перекачки прир. газа, деталей автомобилей, самолетов, судов (штурвалы, приборные щитки, ручки, подлокотники), телефонных аппаратов, радио- и телевизионных приемников, мед. инструментов, оправ для очков, игрушек, мячей для настольного тенниса, галантерейных и канцелярских товаров и др.; прозрачные листы из Э. – защитные и смотровые экраны, напр. при работе с радиоактивными и легковзрывающимися соединениями. Изделия из Э. пригодны для работы в экстремальных условиях Арктики и тропиков.

За рубежом материалы, аналогичные Э., выпускают под назв.: тенайт (США), дексел (Великобритания), целлидор (Германия), родиолит (Франция). Объем мирового произ-ва ок. 420 тыс. т в год (1991); произ-во наиб. распространенного Э. – целлулоида из-за его горючести существенно сокращается.

Лит.: Малинин Л. Н., Эфироцеллюлозные пластмассы, М., 1978. См. также лит. при ст. *Целлюлозы эфиры*. Л. Н. Малинин.

ЭФЕДРИН (2-метиламино-1-фенил-1-пропанол), мол. м. 165,24; алкалоид, содержащийся во мн. видах хвойника (Ephedra) семейства эфедровых (Ephedraceae) и нек-рых др. растений. Э. – эритро-изомер (ф-ла I); трео-изомер

наз. псевдоэфедрин (II). Из растений выделены (–)-Э. и (–)-псевдоэфедрин, при восстановлении к-рых получается один и тот же продукт – дезоксиэфедрин CH₃CH(NHCH₃)CH₂C₆H₅. При кипячении в 25%-ном р-ре HCl (–)-Э. дает равновесную смесь с (–)-псевдоэфедрин.



Наиб. физиологич. активностью обладает (–)-Э. – бесцв. кристаллы; т. пл. ок. 40 °С, т. кип. 225 °С (с разл.), $[\alpha]_D^{20} -6,3$ (C₂H₅OH); раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире, хлороформе. (–)-Э. – основание, образует растворимые в воде кристаллич. соли: гидрохлорид, т. пл. 220 °С, $[\alpha]_D^{20} -36,6$ (H₂O); гидробромид, т. пл. 205 °С; диоидид, т. пл. 165 °С. (–)-Э. устойчив при нагревании до 100 °С в течение 24 ч. Окисляется до бензальдегида или бензойной к-ты. (–)-Э. рацемизируется при нагр. (168–195 °С) в щелочном спиртовом р-ре. Рацемат эритро-Э. – бесцв. кристаллы; т. пл. 76–78 °С, т. кип. 135 °С/12 мм рт. ст.; раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, хлороформе; образует гидрохлорид с т. пл. 188–190 °С. Синтезирован (+)-Э. с $[\alpha]_D^{20} +6,5$ (C₂H₅OH).

(–)-Псевдоэфедрин – бесцв. кристаллы; т. пл. 118,2 °С, $[\alpha]_D^{20} -52$ (C₂H₅OH); хорошо раств. в этаноле, бензоле, хуже – в диэтиловом эфире, плохо – в воде; образует гидрохлорид с т. пл. 182 °С и $[\alpha]_D^{20} -62,1$ (H₂O). Синтезирован (+)-псевдоэфедрин с $[\alpha]_D^{20} +52$ (C₂H₅OH).

Биогенетич. предшественник Э. – фенилаланин. Разработаны разл. способы селективного определения Э. и псевдоэфедрина, напр. по величине уд. оптич. вращения. Гидрохлорид Э. обнаруживают по цветной р-ции с CuSO₄ и NaOH.

В пром-сти (–)-Э. получают микробиол. синтезом или чаще извлекают из растит. сырья горячей водой. Содержание суммы алкалоидов в хвойнике – от 0,5 до 2,0%, причем 70–90% этой смеси составляет (–)-Э.

По строению и фармакологич. действию Э. близок к препаратам группы адреналина и является адреномиметич. ср-вом. В медицине применяется для лечения бронхиальной астмы и др. аллергич. заболеваний, для повышения кровяного давления, расширения зрачков, при отравлениях снотворными и наркотиками. Э. оказывает возбуждающее действие на центр. нервную систему. ЛД₅₀ 100 мг/кг (мышь, внутривенно).

Лит.: Садритдинов Ф. С., Курмуков А. Г., Фармакология растительных алкалоидов и их применение в медицине, Таш., 1980; Овчинников Ю. А., Биоорганическая химия, М., 1987. А. Н. Ибрагимов.

ЭФИРНОЕ ЧИСЛО, масса KOH (в мг), необходимая для омыления всех сложных эфиров, содержащихся в 1 г орг. в-ва. Характеризует содержание в в-ве сложных эфиров. Равно разности между *омыления числом* и *кислотным числом*. Для сложных эфиров, не содержащих свободных карбоксильных групп, Э. ч. совпадает с числом омыления.

При определении Э. ч. в образце предварительно нейтрализуют свободные к-ты, после чего проводят омыление кипячением с 0,5 или 0,1 н. спиртовым р-ром KOH. Избыток щелочи оттитровывают р-ром HCl в присутствии фенолфталеина, α-нафтолфталеина или смеси креолового красного и тимолового синего. Если реакционная смесь окрашивается при нагр., что часто наблюдается в случае жиров и масел, проводят потенциометрич. титрование. Использование гидразина при омылении иногда способствует обеспечиванию р-ра, делая возможным визуальное определение конечной точки титрования.

Э. ч. рассчитывают по ф-ле:

$$\text{Э. ч.} = \frac{28,05(V_2 - V_1)}{a}$$

где V₂ и V₁ – объемы (в мл) 0,5 н. р-ра HCl, пошедшие на титрование соотв. в холостом опыте и в опыте с пробой; а – навеска в-ва (в г).

Используют Э. ч. в анализе жиров, восков, эфирных масел и смол. Для пчелиного воска, напр., Э. ч. составляет 66–86, для говяжьего жира – 185–190.

Н. К. Куцева.

ЭФИРНЫЕ МАСЛА, многокомпонентные смеси летучих орг. соед., вырабатываемые растениями и обуславливающие их запах.

Э. м. известны с давних времен. Их применяли для благовонных курений, как косметич. и лекарств. средства, при бальзамировании. Биол. роль Э. м. окончательно не выяснена. Синтез их происходит в особых клетках разл. органов растений. Предполагается, что Э. м. защищают растения от паразитов, привлекают насекомых для опыления, уменьшают теплоотдачу и др.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ

Масло (в скобках указано название растения)	Выход к сырью, %	d_4^{20}	n_D^{20}	$[\alpha]_D^{20}$, град	Растворимость, отношение объема масла к объему этанола (концентрация этанола)	Основные компоненты
Анриное (<i>Asogus salamus</i>)	1–3,5	0,945–0,970	1,500–1,508	От +7 до +30	1:30 (90%)	Азарон ^с , камфора, пинены, камфен, сесквитерпены
Анисовое из семян (<i>Pimpinella anisum</i>)	2–6	0,979–0,991	1,55–1,56	От 0 до –2	1:(0,1–0,5)	Анистол (80–90%), метилхавикол ^б (до 10%), анисовый альдегид
Апельсиновое (<i>Citrus sinensis</i>)	0,5–0,7	0,842–0,850	1,472–1,476	От +94 до +99	1:(7–8) (90%)	Лимонен (~90%), деканаль (0,9–3,2%)
Базильниковое (<i>Ocimum gratissimum</i>)	0,3–0,7	0,995–1,042	1,514–1,536	—	1:1,4 (70%)	Эвгенол (52–82%), оцимен (10–16%), линалоол (10–16%), кадинены (10–12%), санталены ^с (6–8%), метилхавикол (до 6%)
Бергамотное из корок (<i>Citrus bergamia</i>)	До 0,5	0,875–0,883	1,464–1,468	От +4 до +28	1:1 (90%)	Линалилацетат (32–44%), лимонен (18–30%), линалоол (12–15%), бергаптен (5–6%)
Ветиверное (<i>Vetiveria zizanioides</i>)	1,5–3	0,984–1,020	1,515–1,530	От +10 до +46	1:(0,5–2) (90%)	Сесквитерпены (гл. обр. спирты и кетоны – ветиверол, ветивон и др.)
Гвоздичное (<i>Eugenia caryophyllus</i> , мадагаскарское)	16–19	1,042–1,058 ^а	1,530–1,538	От +0,5 до –2	1:(1,2–2,5)	Эвгенол (85–96%), эвгенолацетат (2–3%), карнофиллен
Гераниевое (<i>Pelargonium roseum</i>)	0,1–0,15	0,884–0,900 ^а	1,4605–1,4690	От –8 до –12	1:(2–3) (70%)	Цитронеллол (38–46%), линалоол (10–12%), гераниол (15–18%), ментон и изоментон (15–18%)
Иланг-иланговое (<i>Cananga odorata</i>)	0,5–1	0,945–0,975 ^а	1,501–1,509	От –36 до –45	1:1 (90%)	Метилвый эфир η -крезола (до 16%), линалоол (до 13,5%), метилбензоат (до 9%), бензилацетат (до 25%), геранилацетат (до 6%), карнофиллен (до 9%)
Кориандровое (<i>Coriandrum sativum</i>)	0,9–1,2	0,864–0,877	1,462–1,468	От +9 до +12	1:3 (70%)	Линалоол (65%), линалилацетат, пинен, борнеол, терпинен, мирцен, деканаль
Лавандовое (<i>Lavandula vera</i>)	0,6–1,1	0,877–0,986	1,457–1,470	От –3 до –12	1:3 (70%)	Линалилацетат (30–56%), линалоол (10–20%), гераниол, карнофиллен, лавандул
Лемонграссовое (<i>Cymbopogon citratus</i>)	0,2–0,5	0,879–0,901	1,4786–1,4846	От –3 до +1	1:(1,5–3) (70%)	Цитраль (75–85%), гераниол (~3%), нерол (~1,5%), мирцен (~8,5%), 2-метил-2-гептен-6-он (~5%)
Лимонное (<i>Citrus limon</i>)	До 0,6	0,850–0,859	1,473–1,478	От +53 до +67	1:3 (96%)	Лимонен (до 90%), цитраль (3–5%), терпены
Мятное (<i>Mentha piperita</i>)	До 2	0,892–0,920	1,459–1,470	Не менее –18	1:4 (70%)	Ментол (~50%), ментон (20–25%), ментилацетат (4–10%), пинеол (~6%), терпены
Пачулистое (<i>Pogostemon patchii</i>)	0,25–5	0,955–0,985	1,505–1,512	От –40 до –68	1:(0,5–10) (90%)	Сесквитерпеновые спирты, бензальдегид, коричный альдегид
Пихтовое (<i>Abies sibirica</i>)	0,2–3	0,895–0,915	1,4690–1,4720	От –37 до –46	1:(5–9) (90%)	Борнилацетат (32–45%), борнеол (3–5%), пинен, мирцен, лимонен
Розовое (<i>Rosa damascena</i>)	0,03–0,1	0,848–0,861 ^б	1,4530–1,4640	От –2,2 до –4,6	Во всех соотношениях (90%)	Цитронеллол (30–35%), гераниол (~5%), нерол, фенилэтиловый спирт (40–50%)
Санталовое (<i>Santalum album</i>)	До 6	0,968–0,970	1,499–1,506	От –15 до –20	1:(3–5) (70%)	Санталол (~90%), его ацетат (~2%), санталены
Фенхельное сладкое (<i>Foeniculum vulgare</i>)	3–6	0,960–0,980	1,530–1,539	От +10 до +16	1:1 (90%)	Анистол (~60%), фенхон, лимонен, метилхавикол
Цитронелловое (<i>Cymbopogon nardus</i>)	1,2–2,4	0,889–0,906	1,466–1,485	От –9 до –18	1:(1–2) (80%)	Гераниол (~30%), цитронеллаль (~30%), эфиры гераниола, цитронеллола, цитраль, 2-метил-2-гептен-6-он
Шалфейное (<i>Salvia sclarea</i>)	0,1–0,13	0,887–0,920	1,455–1,470	От –4,5 до –30	1:0,5 (90%)	Линалилацетат (до 75%), линалоол (до 20%), пинеол, борнеол, камфора, туйон, терпены
Эвкалиптовое (<i>Eucalyptus globulus</i>)	1,6–3	0,906–0,926	1,458–1,470	От –3 до +16	1:2/3 (70%)	Цинеол (70–75%), пинкарвеол (до 20%), эвдесмол (до 5%), бутаналь, пентаналь, гексаналь (до 6%), терпены

^а Т. пл. 62–63 °С. ^б Т. кип. 217 °С. ^с Трициклич. сесквитерпены. ^д d_4^{20} . ^е d_4^{30} .

По хим. строению компоненты Э. м. относятся гл. обр. к монотерпенам и их производным (*пинены, камфен, лимонен, камфора* и др.), к бициклич. и трициклич. *сесквитерпенам* и их производным, а также к др. классам орг. соед., напр. азарон [1-(2,4,5-триметоксифенил)-1-пропен], метилхавикол (1-аллил-4-метоксibenзол).

Э. м. — прозрачные бесцв. или окрашенные (желтые, зеленые, бурые) жидкости (табл.); плотность их, как правило, меньше единицы; оптически активны; не раств. в воде, хорошо раств. в малополярных орг. р-рителях; под действием света и кислорода воздуха быстро окисляются, изменяя цвет и запах.

Называют Э. м., как правило, по видам растений, из к-рых их получают (розовое, гераниевое, лавандовое и т. д.), реже — по главному компоненту (камфорное, эвгенольное, терпентинное).

Эфиромасличная флора насчитывает ок. 3 тыс. видов растений (в России — ок. 1 тыс.), однако пром. значение имеют всего 150–200 видов, большинство из к-рых произрастает в тропиках и субтропиках, лишь немногие (кориандр, анис, мята) культивируют в средней полосе. Особенно богаты Э. м. многочисленные виды семейств губоцветных (мята, лаванда, шалфей, базилик, пачули и др.), а также зонтичных (анис, фенхель, тмин, кориандр, ажгон и др.). Э. м. содержатся в листьях, стеблях, цветах, корнях, семенах, коре и древесине в своб. состоянии или в виде гликозидов; содержание Э. м. колеблется в широких пределах; так, цветы розы содержат 0,07–0,1% (по массе) Э. м., а почки гвоздики — 20–22%. Содержание Э. м. зависит от почвы, климатич. условий, времени года, времени уборки и возраста растений. Наиб. кол-во Э. м. в растениях — в период цветения и созревания семян. Иногда в ходе развития растения состав масла меняется. Так, главной составной частью кориандрового масла в период цветения растения является децилиловый альдегид (до 80%), а эфирного масла из семян кориандра — линалоол (60–70%); масло из молодых зеленых частей нецветущей мяты содержит много ментофурана (3,6-диметил-4,5,6,7-тетрагидробензофуран), а в Э. м. из цветущей мяты его почти нет.

Для выделения Э. м. используют сырое (зеленая масса герани, цветы лаванды и др.), подвяленное (мята), высушенное (корни аира и ириса) или предварительно ферментированное (цветы розы, дубовый мох) сырье. Осн. методы извлечения Э. м. — перегонка с водяным паром, экстракция легколетучими р-рителями и прессование. Наиб. распространенный и простой метод — перегонка с водяным паром (гидродистилляция). Смесь паров Э. м. и воды конденсируют и отделяют т. наз. декантированное масло; дистилляционные воды перегоняют вторично (когобируют) либо обрабатывают активир. углем или легколетучими р-рителями.

Для извлечения Э. м., компоненты к-рого разлагаются при гидродистилляции, используют экстрагирование растит. сырья легколетучими р-рителями (петролейный эфир, бензол, этанол, метилхлорид и др.). Из экстракта (т. наз. мисцелла) отгоняют р-ритель сначала при атм. давлении, затем в вакууме и получают воско- или мазеобразную массу (т. наз. конкрет); конкрет обрабатывают этанолом, полученный р-р охлаждают до 16–18 °C (иногда до 0 °C) и отфильтровывают от балластных в-в, при необходимости повторяя операцию неск. раз. Масло, остающееся после удаления этанола, наз. абсолютным или абсолю.

Для получения смесей ароматич. в-в из пряных растений (хмеля, гвоздики, перца и др.) применяют сверхкритич. экстракцию сжиженным CO₂.

Для извлечения Э. м. из корок плодов цитрусовых (лимонное, апельсиновое, бергамотное и др. масла) используют прессование. Измельченную цедру или целую кожуру прессуют и затем отделяют масло центрифугированием или к.-л. другим способом. Используют также метод а н ф л е р а ж а (от франц. *enfleurage* — передавать цветочный аромат) — масло, испаряющееся из цветков, поглощается чистым, не имеющим запаха свиным или говяжьим жиром, нанесенным тонким слоем на стекло, из образующейся душистой массы

(т. наз. помады) Э. м. извлекают р-рителем; метод ма ц е р а ц и и (разновидность а н ф л е р а ж а) — цветы заливают жиром, нагретым до 50–70 °C, получающиеся при этом Э. м. имеют более низкое качество, т. к. помимо Э. м. извлекаются пигменты, воск и др. компоненты.

Применяют Э. м. в осн. в парфюм.-косметич. пром-сти (произ-во духов, одеколонов, зубных паст, мыла, косметич. кремов, средств для ухода за волосами и т. д.) и как сырье для синтеза душистых в-в (напр., эвгенола, гераниола, линалоола, цитронеллола, цитраля и др.). Нек-рые Э. м. (мятное, эвкалиптовое, анисовое и др.) используют в медицине. Гвоздичное масло и масло эвгенольного базилика издавна применяют для отпугивания комаров и moskitov. Многие Э. м. (мятное, лимонное, апельсиновое, анисовое, укропное, имбирное и др.) используют в кондитерской, ликероводочной, табачной и консервной пром-сти, в произ-ве безалкогольных напитков и в обществ. питании, в этих случаях из Э. м. часто удаляют терпеновые углеводороды (ректификацией или обработкой этанолом). Э. м. применяют также в технике, напр. скипидар — в произ-ве лаков и красок, как р-ритель; эвкалиптовое масло — как флотореагент и др.

Мировое произ-во Э. м. 25–30 тыс. т в год. В относительно крупных масштабах (не менее 1 тыс. т в год) производят апельсиновое, лимонное, цитронелловое, гвоздичное, кориандровое и др. масла. Нек-рые Э. м. ценятся очень дорого, напр. розовое масло, получаемое в Болгарии в окрестностях г. Казанлык. Иногда натуральные Э. м. из-за дороговизны и дефицита заменяют искусств. композициями на основе душистых в-в (т. наз. искусственные Э. м.).

Лит.: Горьев М. И., *Эфирные масла флоры СССР*, А.-А., 1952; Кусова С. Д., *Справочник по эфирным маслам*, М., 1978; Guenther E., *The essential oils*, v. 1–6, N. Y., 1948–52; Bauer K., Garble D., *Common fragrance and flavor materials*, Weinheim, 1985.

Л. А. Хейфиц.

ЭФИРОЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ЛАКИ, лакокрасочные материалы на основе р-ров эфиров целлюлозы в орг. р-рителях.

Большинство Э. л. производится из нитратов целлюлозы — коллоксилинов (содержание N 10,7–12,3%, мол. м. 12–60 тыс.); такие материалы наз. н и т р о л а к а м и. Р-рителями для коллоксилина с содержанием N выше 12% служат смеси истинных (сложные эфиры, кетоны, гликолевые эфиры) и скрытых (этиловый, бутиловый и др. спирты) р-рителей в сочетании с разбавителями (толуол, ксилол). Скрытые р-рители не растворяют эфир целлюлозы, а только снижают его вязкость и тем самым способствуют улучшению его р-римости в истинном р-рителе. Для коллоксилина с содержанием N ок. 11% этиловый и бутиловый спирты являются истинными р-рителями; вместе со сложными эфирами, кетонами и разбавителями они составляют летучую часть лаков (ок. 10% по массе).

В качестве дополнит. пленкообразователей в нитролаки чаще всего вводят алкидные смолы, хорошо совмещающиеся с коллоксилином и улучшающие св-ва лаковых покрытий. Для пластификации обычно используют смеси пластификаторов разл. типов — т. наз. первичных или истинных, совместимых с коллоксилином (фосфаты, фталаты), и вторичных (касторовое масло, хлорид парафины), несовместимых с ним; для получения пигментир. материалов применяют разл. пигменты и наполнители, для получения матовых покрытий — SiO₂, воски.

Нитролаки получают растворением в аппаратах с мешалками коллоксилина в смеси орг. р-рителей с послед. добавлением остальных компонентов. Растворением в нитролаке т. наз. сушальцевых паст, приготовленных вальцеванием пигментов с коллоксилином и пластификатором, получают н и т р о э м а л и; для получения грунтовок и шпатлевок используют пигментные пасты, приготовляемые диспергированием пигментов и наполнителей в р-ре пленкообразователей (чаще всего алкидных смол) в бисерной или шаровой мельнице.

Наносят нитролаки в 2–3 слоя на тщательно очищенную и обезжиренную пов-сть пневматич. распылением, наливом или на вальцах; эмали на пов-сть металла наносят по грунтовке.

Образование пленок нитролаков происходит в результате улетучивания р-рителей; при содержании дополнит. реакционноспособных пленкообразователей – вследствие их хим. превращений. Нитролаки высыхают значительно быстрее, чем любые др. лакокрасочные покрытия – при комнатной т-ре время высыхания от неск. минут до 1 ч. Покрытия из нитролаков отличаются поверхностной твердостью сразу после высыхания, хорошими декоративными св-вами, бензо- и маслостойкостью, а также дешевизной; недостатки – горючесть, низкие атмосферостойкость и хим. стойкость.

Применяют нитролаки гл. обр. в мебельной пром-сти (до 75% объема произ-ва), а также для отделки разл. изделий и приборов из металла, окраски кожи, бумаги, металлич. фольги.

Практич. значение имеют также Э.л. на основе этилцеллюлозы, ацетилцеллюлозы и ацетобутирата целлюлозы. В состав этилцеллюлозных лаков кроме этилцеллюлозы (мол. м. 24–70 тыс.) могут входить разл. прир. и синтетич. смолы, растит. и минер. масла, пластификаторы; р-рители – смесь толуола и этанола. Эти лаки применяют для электроизоляции, пропитки тканевых оплеток проводов, покрытий для бумаги, резины, металла, пластмассы.

Ацетилцеллюлозные лаки на основе ацетата целлюлозы с мол. м. 25–60 тыс. ограниченно используют для нанесения на бумагу и металл; они плохо совмещаются с разл. смолами и обладают недостаточной адгезией.

Ацетобутират целлюлозы с мол. м. 50–80 тыс. – основа Э.л., применяемых для нанесения на металл, фольгу, бумагу, картон, ткань; эти лаки отличаются высокими физ.-хим. показателями, свето-, морозо- и теплостойкостью.

Лит.: Киттель Г., Целлюлозные лаки, Л., 1957; Лившиц М.Л., Пшнйковский Б.И., Лакокрасочные материалы. Справочник, М., 1982, с. 254–96. В. Ю. Эрман.

ЭФИРЫ ПРОСТЫЕ, соед. общей ф-лы $R-O-R'$, где R и R' – углеводородный радикал. Различают симметричные Э. п. (R и R' одинаковы) и смешанные, или несимметричные (R и R' различные). К Э. п. относятся нек-рые виниловые эфиры, а также глимы, карбитолы, целлозолины, гетероциклич. соед. с атомом O в цикле, напр. оксиран, оксолан, 1,4-диоксан, ТГФ и др.

Названия Э. п. производят от названий углеводородных радикалов с добавлением слова «эфир» либо по заместит. номенклатуре, используя название группы RO как приставку к названию углеводорода RH, напр. $C_2H_5OC_2H_5$ наз. диэтиловый эфир или этоксиэтан. Нек-рые Э. п. имеют тривиальные названия.

Э. п. – бесцв. жидкости (табл.) с характерным запахом; они не образуют межмол. водородных связей, в отличие от спиртов не ассоциированы и поэтому более летучи, чем спирты с тем же числом углеродных атомов. Э. п. плохо раств. в воде, хорошо – в орг. р-рителях, растворяют орг. соед., устойчивы к действию щелочей и щелочных металлов.

В ИК спектрах Э. п. наблюдается сильное поглощение в области 1150–1085 cm^{-1} , характеристич. полосы в видимой и УФ частях спектра отсутствуют, в спектрах ПМР хим. сдвиг δ 3,2–3,4 м.д. (для метоксислканов) и 3,7 м.д. (для метоксиренов).

Наличие в молекуле Э. п. атома кислорода со своб. электронной парой определяет их основные св-ва. При действии сильных протонных к-т образуются оксониевые соединения $[RR'OH]^+Cl^-$ (за исключением полностью фторир. и ароматич. эфиров); с к-тами Льюиса – относительно устойчивые эфиры, напр. эфиры трифторида бора $RR'O \cdot BF_3$.

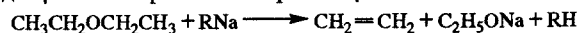
Иодистоводородная и бромистоводородная к-ты расщепляют алифатич. и жирно-ароматич. Э. п. на алкилгалогенид и спирт или фенол; р-ция протекает через промежуточные оксониевые соли по механизмам S_N1 или S_N2 . Расщепление метил- и этилалкиловых эфиров посредством HI используют для количеств. определения метокси- и этокси групп (метод Цейделя). Метод основан на определении йода в образовавшихся CH_3I или C_2H_5I путем пропускания последних в р-р $AgNO_3$ (по кол-ву осажденного AgI) либо окислением (по кол-ву выделившегося I_2).

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОСТЫХ ЭФИРОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. кип., °C	d_4^{20}	n_D^{20}
Диметиловый эфир CH_3OCH_3	46,07	—	–25	—	—
Диэтиловый эфир $C_2H_5OC_2H_5$	74,12	—	34,5	0,7138	1,3526
Дипропиловый эфир $C_3H_7OC_3H_7$	102,2	–122	90,1	0,7360	1,3809
Диизопропиловый эфир $(CH_3)_2CHOCH(CH_3)_2$	102,2	–86,2	68,5	0,7241	1,3679
Дибутыловый эфир $C_4H_9OC_4H_9$	130,2	–95,3	142	0,7704	1,3981
Диаллиловый эфир $(CH_2=CHCH_2)_2O$	98,2	—	94,0	0,8060	1,4163
Метилфениловый эфир (анизол) $C_6H_5OCH_3$	108,13	–37,5	153,8	0,9954	1,5179
Этилфениловый эфир (фенетол) $C_6H_5OC_2H_5$	122,2	–29,5	170	0,9651	1,5073
Дифениловый эфир (дифенилоксид) $C_6H_5OC_6H_5$	170,21	28–29	259,3	1,0748	1,5795
2-Метоксифенол (гваякол) $2-CH_3OC_6H_4OH$	124,13	28,5	205	1,1287 ^a	1,5385 ^a
1,2-Диметоксисбензол (вератрол) $1,2-(CH_3O)_2C_6H_4$	138,2	22,7	206,1	1,0801 ^b	1,5320 ^b
Этилсоедин (оксиран) \triangle	44,0	–112	11,0	0,8971 ^c	1,3597 ^c

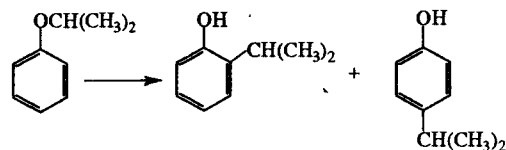
^a При 21,4 °C. ^b При 25 °C. ^c При 0 °C. ^d При 7 °C.

При действии на Э. п. алкилнатрия или алкиллития происходит β -элиминирование с образованием алкена и алкоксида:



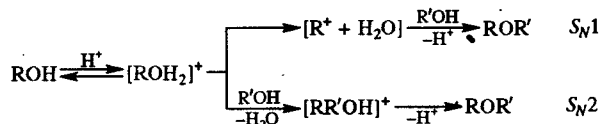
На воздухе или в присут. O_2 при нормальной т-ре Э. п. склонны к автоокислению; образующиеся пероксиды неустойчивы, легко взрываются и требуют осторожности при работе с ними. Это св-во наиб. выражено у диизопропилового эфира.

Под действием H_2SO_4 , $AlCl_3$, BF_3 и т.п. эфиры фенолов изомеризуются в орто- и пара-алкилзамещенные фенолы (наиб. легко мигрирует третичный радикал, труднее – первичный):

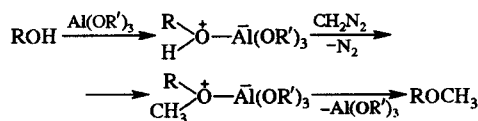


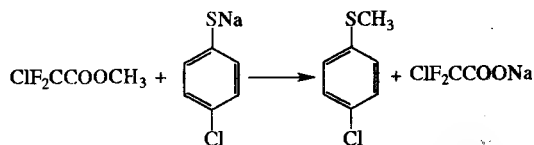
Аллилфениловые эфиры перегруппировываются в орто- или пара-аллилфенолы (см. Клайзена перегруппировка).

Получают несимметричные Э. п. алкилированием алкоксилов или фенолятов алкилгалогенидами (Вильямсона синтез). Для получения симметричных Э. п. используют межмол. дегидратацию спиртов в присут. конц. H_2SO_4 . В зависимости от структуры спирта р-ция может протекать по механизму S_N1 или S_N2 .

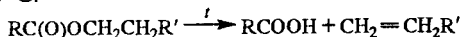


Алкил- и арилметиловые эфиры получают взаимод. спиртов и фенолов с диазометаном в присут. к-т Льюиса (алкоксида Al , BF_3 , $AlCl_3$ или HBF_4), напр.:

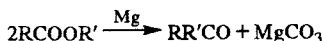




При t -ре выше 300°C Э. с. разлагаются с образованием алкенов, пиролиз ацетатов проводят в газовой фазе при $500\text{--}600^\circ\text{C}$:



Пиролиз Э. с. жирных к-т в присут. нек-рых металлов (Mg, Zn) или их оксидов приводит к кетонам:



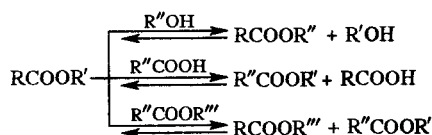
Бензоаты и оксалаты разлагаются при более низких t -рах в жидкой фазе.

Э. с. устойчивы к действию окислителей. Восстановление Э. с. (Na в этаноле, LiAlH_4 , AlH_3 и др.) приводит к альдегидам, но обычно восстановление идет дальше – до первичного спирта: $\text{RCOOR}' \xrightarrow{[\text{H}]} \text{RCH}_2\text{OH} + \text{R}'\text{OH}$. Каталитич. гидрирование Э. с. в присут. хромата(III) меди при t -ре $200\text{--}300^\circ\text{C}$ и давлении $10\text{--}30$ МПа – пром. способ получения спиртов. При восстановлении эфиров алифатич. моно- и дикарбоновых к-т Na в кипящем ксилоле образуются ацилоины (см. *Ацилоиновая конденсация*).

Получение. Наиб. широко применяют этерификацию – взаимод. спиртов с к-тами: $\text{RCOOH} + \text{R}'\text{OH} \rightleftharpoons \text{RCOOR}' + \text{H}_2\text{O}$. Это – обратимая р-ция, в к-рой положение равновесия зависит от природы и кол-ва к-ты и спирта и характеризуется равновесной концентрацией продуктов этерификации (т. наз. предел этерификации), напр. при эквимол. соотношении CH_3COOH и $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ равновесие устанавливается, когда $\sim 2/3$ к-ты и спирта превращается в эфир. На скорость достижения предела этерификации влияют t -ра и катализаторы (сильные к-ты и их ангидриды, арилсульфоновые к-ты, кислые соли и кислые катионообменные смолы). Для повышения выхода воду из реакц. среды удаляют азеотропной дистилляцией. Легче всего этерифицируются первичные спирты, наиб. трудно – третичные.

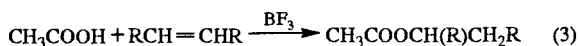
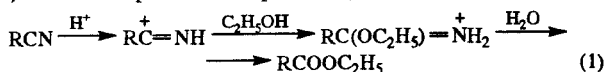
Этерификацией наз. также методы получения Э. с. ацилированием спиртов, алкилированием к-т диазоалканами либо солей алкилгалогенидами.

Другой распространенный способ получения Э. с. – перетерификация – замена одного спиртового или кислотного остатка в молекуле Э. с. на другой. Осуществляют р-цию взаимод. Э. с. со спиртами, карбоновыми к-тами или др. Э. с. в присут. алкоголятов, щелочей, HCl , BF_3 , солей нек-рых металлов, напр.:

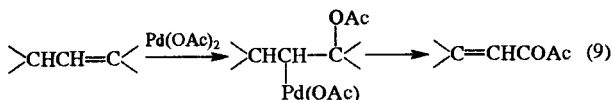
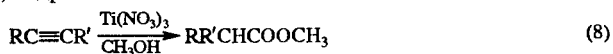


Равновесие смещают вправо путем отгонки более летучих спирта, к-ты или эфира. Метод используют для получения Э. с., к-рые нельзя получить этерификацией, напр. виниловые или изопропиловые эфиры высших к-т.

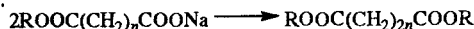
Э. с. образуются также кислотным алкоголизмом нитрилов (кат. – H_2SO_4 , HCl , n -толуолсульфокислота; р-ция 1); алкилированием карбоксилат-анионов (к-т или их солей) алкилгалогенидами, алкенами в присут. катализаторов (2,3); из альдегидов по *Тищенко реакции*; метиловые эфиры – р-цией к-т с диазометаном (4); эфиры минер. к-т – взаимод. последних, а также их галогенангидридов со спиртами или фенолами (5,6) либо минер. к-т с олефинами (7):



Для получения Э. с. используют окисление: кетонов H_2O_2 или надкислотами (*Байера–Виллигера реакция*), ацетиленовых производных (8), соед., содержащих алкильную группу (9) и др.:



Э. с. высших дикарбоновых к-т получают из солей кислых эфиров дикарбоновых к-т в условиях электрохим. р-ции Кольбе:



Э. с. серной и фосфорной к-т образуются при окислении соответствующих сульфитов и фосфитов.

Определение. Для обнаружения Э. с. используют р-цию с гидроксидом: образующие гидроксамовые к-ты дают с FeCl_3 характерное красное окрашивание, для определения – кислотное число и эфирное число, а также методы хроматографии.

Применение. Э. с. – р-рители, пластификаторы, экстрагенты, лек. средства (напр., нитроглицерин), сырье для синтеза полимеров (напр., метилметакрилат) и фармацевтич. препаратов (напр., производных салициловой к-ты). Э. с. серной к-ты используют как алкилирующие агенты; Э. с. фосфорной к-ты – инсектициды, флотореагенты, присадки к маслам; низшие Э. с. карбоновых к-т применяют в парфюмерии и пищ. пром-сти.

См. также *Ацетоуксусный эфир*, *Винилацетат*, *Глицериды*, *Метилметакрилат*, *Этилацетат* и др.

Лит.: Вейганд–Хильгетат, Методы эксперимента в органической химии, пер. с нем., М., 1968; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983, с. 288–388; Kirk–Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 9, N. Y., 1980, p. 311–37.

Л. Н. Максимов.

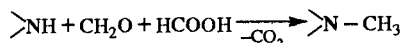
ЭФФЕКТИВНЫЙ ЗАРЯД АТОМА, характеризует разность между числом электронов, принадлежащих данному атому в хим. соед., и числом электронов своб. атома. Для оценки Э. з. а. используют модели, в к-рых экспериментально определяемые величины представляют как ф-ции точечных неполяризуемых зарядов, локализованных на атомах; напр., дипольный момент двухатомной молекулы рассматривают как произведение Э. з. а. на межатомное расстояние. В рамках подобных моделей Э. з. а. можно рассчитать, используя данные оптич. или рентгеновской спектроскопии, ЯМР и др. Однако, поскольку электронная плотность в хим. соед. делокализована и границ между атомами не существует, нельзя описать разл. характеристики соед. одним набором Э. з. а.; значения этого показателя, определенные разными эксперим. методами, могут не совпадать. Э. з. а. можно определить также на основе квантовохим. расчетов.

Э. з. а., определенные в рамках к.-л. одной модели или в односторонних расчетах, используют для корреляции с различными физ.-хим. характеристиками соед., установления реакц. центров в молекулах, оценки степени ионности хим. связи.

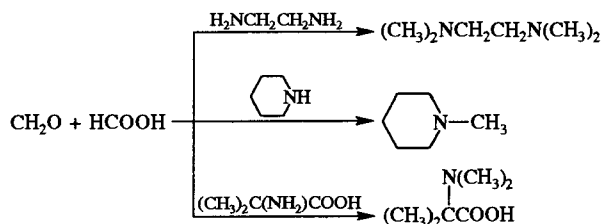
Лит.: Барнский Р. Л., Нефедов В. И., Рентгеноспектральное определение заряда атомов в молекулах, М., 1966.

В. И. Нефедов.

ЭШВАЙЛЕРА–КЛАРКА РЕАКЦИЯ, метилирование первичных или вторичных аминов действием формальдегида и муравьиной к-ты:



IO



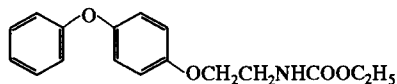
Лит.: Clarke H. [a.o.], «J. Amer. Chem. Soc.», 1933, v. 55, p. 4571; Pine S. [a.o.], «J. Org. Chem.», 1971, v. 36, № 6, p. 829–32. Г. И. Дрозд.

$$(CH_3)_2CHCH_2C(O)CH_2\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOCH}_3$$

1

$$\begin{array}{ccccccc} \text{OCH}_3 & & \text{CH}_3 & & & & \text{CH}_3 \\ | & & | & & & & | \\ (\text{CH}_3)_2\text{C} & (\text{CH}_2)_3 & \text{CH} & \text{CH}_2 & \text{CH} = & \text{CHC} = & \text{CHCOOCH}(\text{CH}_3)_2 \end{array}$$

II



III

Лит.: Цизин Ю.С., Дабкина А.А., «Успехи химии», 1970, т. 39, № 6, с. 1074-94; Грапов А.Ф., Пушина М.Я., «Ж. Вост. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1988, т.33, № 6, с. 661-71; Ишмураев Г.Ю. [ядр.], «Успехи химии», 1995, т. 64, в. 6, с. 580-608; Słama K., Komańuk M., Šorm F., Insect hormones and bioanalogs, W.- N.Y., 1974; Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Bd 6, B.- [а.о.], 1981, с. 185-211. Г. С. Швидлерман.

1014

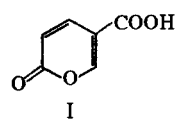
Я

ЯБЛОЧНАЯ КИСЛОТА (2-гидроксипропановая к-та, гидроксиантарная к-та), $\text{HOOCCH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$, мол. м. 134,1. Существует в виде двух стереоизомеров и рацемата.

D, L-Я. к. — бесцв. кристаллы, т. пл. 130,8 °C; р-римость (г в 100 г р-рителя): в воде — 144 (26 °C), 411 (79 °C), в этаноле — 35,9 (20 °C), в диэтиловом эфире — 0,6 (20 °C), не раств. в бензоле.

D- и L-Я. к. — бесцв. кристаллы; т. пл. 100 °C; для L-Я. к. $[\alpha]_D^{20}$ — 2,3° (при конц. 9,17 г в 100 мл воды), —5,7° (при конц. 3,73 г в 100 мл ацетона); pK_a 3,46 и 5,10; хорошо раств. в воде, р-римость (г в 100 г р-рителя): в этаноле — 68,3, в диэтиловом эфире — 1,9 (20 °C), не раств. в бензоле. Величина уд. оптич. вращения в водных р-рах сильно зависит от концентрации и т-ры. С увеличением концентрации $[\alpha]_D$ уменьшается и р-ры L-Я. к., содержащие более 34 г на 100 мл воды при 20 °C, становятся правовращающими.

Соли и эфиры Я. к. наз. малатами. Я. к. обладает хим. св-вами *оксикислот*. При нагр. до 100 °C превращается в ангидрид, подобный *лактидам*; при более длит. нагревании до 140–150 °C отщепляет воду, превращаясь в фумаровую



к-ту, при быстром нагревании до 180 °C наряду с фумаровой к-той образуется малеиновый ангидрид. При окислении H_2O_2 или KMnO_4 дает оксалилуксусную к-ту, при окислении конц. H_2SO_4 — кумалиновую к-ту (ф-ла I). Восстановление HI или

бактериальное брожение приводят к янтарной к-те высокой чистоты. Конденсация Я. к. с мочевиной — основа синтеза урацила. Замещение при асимметрич. атоме углерода (напр., замена группы OH на Cl) у оптиически активной Я. к. приводит к обращению конфигурации — вальденовскому обращению (см. *Динамическая стереохимия*).

В природе распространена L-Я. к. Она содержится в кислых плодах, напр. в незрелых яблоках, крыжовнике, плодах рябины, в ревене, в виде Са-соли в табаке, а также в небольшом кол-ве в вине.

Я. к. — один из важных промежут. продуктов обмена в-в в живых организмах. Участвует в обмене в-в в виде малата, образующегося в *трикарбоновых кислот цикле*, *глиоксилатном цикле*, при *глюконеогенезе*. В результате ферментативных р-ций малат может превращаться в оксалоацетат, фумарат, пируват.

Получают D, L-Я. к. восстановлением виноградной к-ты, гидролизом D, L-бромантарной к-ты, восстановлением оксалилуксусной к-ты $\text{HOOCCH}(\text{COOH})\text{CH}_2\text{COOH}$ амальгамой Na или восстановлением ее эфиров с послед. гидролизом, а также гидратацией фумаровой и малеиновой к-т при 150–200 °C либо, при использовании NaOH, при 100 °C.

D-Я. к. образуется с небольшим выходом при восстановлении D-винной к-ты HI при 130 °C, а также наряду с L-Я. к. при расщеплении рацемата алкалоидом цинхонином. L-Я. к. выделяют из прир. сырья.

В пром-сти L-Я. к. используют при произ-ве вин, фруктовых вод и кондитерских изделий, как вкусовую добавку и регулятор pH. Я. к. применяют в медицине как составную часть слабительных ср-в и препаратов от хрипоты.

ЯДЕРНАЯ ХИМИЯ, устанавливает взаимосвязь между физ.-хим. и ядерными св-вами в-ва. Иногда Я. х. неправильно отождествляют с *радиохимией*.

Можно выделить след. основные направления Я. х.: исследование *ядерных реакций* и хим. последствий ядерных превращений; химия «новых атомов»; эффект Мёссбауэра: поиск новых элементов и радионуклидов, новых видов радиоактивного распада. Для решения этих задач в Я. х. используют радиохим. методы, ионизационные и, в последнее время, масс-спектрометрические, а также применяют толстослойные фотоэмульсии (см. *Эмульсии*).

Важнейшая задача Я. х. — выделение и идентификация радиохим. методами продуктов ядерных р-ций. Особую роль эти методы играют при исследовании ядерных р-ций, в к-рых образуется сложная смесь нуклидов разл. элементов. Для их выделения применяют радиохим. варианты методов осаждения, экстракции, ионообменной хроматографии, электролиза и дистилляции (см. *Изотопов разделение*). Идентифицируют нуклиды по характеру излучения, измерением энергии и периода полураспада (см. *Активационный анализ*) или методом *масс-спектрометрии*. Для этой цели используют многоканальные α -, β - и γ -спектрометры, разл. типы счетчиков. Изучение механизма ядерных превращений позволило понять процессы, протекающие в космосе, происхождение и распространение хим. элементов, объяснить аномалии в изотопном составе разл. природных объектов, получить радиоактивные изотопы почти всех хим. элементов и синтезировать новые элементы периодич. системы, в т. ч. актиноиды и трансактиноиды. Для определения периода полураспада короткоживущих нуклидов ($T_{1/2} < 1$ мин) используют спец. технику измерения времени жизни нуклида от момента его образования до распада непосредственно на детекторе.

К числу проблем Я. х. относится исследование химии *горячих атомов*, возникающих при разл. ядерных превращениях. Горячие атомы в результате радиоактивного распада имеют избыточную (по сравнению с обычными атомами среды) кинетич. энергию, формально соответствующую т-рам 10^4 – 10^7 K и превышающую энергию активации многих хим. р-ций. При столкновениях с атомами и молекулами среды горячие атомы способны стабилизироваться в соединениях, отличных от исходных (эффект Сциларда — Чалмерса: 1934). Этот эффект и используют в Я. х. для исследования механизма р-ций горячих атомов со средой, синтеза *меченых соединений*, разделения изотопов и др.

Методами Я. х. с использованием «новых атомов», и прежде всего позитрония (Ps) и мюония (Mu), изучают превращения атомов в разл. хим. системах (см. *Мезонная химия*). Атомы Ps и Mu водородоподобны, но крайне неустойчивы. Составляющие Ps электрон и позитрон аннигилируют за время 10^{-7} – 10^{-9} с, с испусканием двух или трех γ -квантов. Ядро мюония — μ^+ -мюон распадается за 10^{-6} с на позитрон и два нейтрона.

Время жизни и механизм гибели Ps, а также остаточная поляризация μ^+ -мюона в момент его распада сильно зависят от состава и хим. св-в в-ва и существенно различаются в металлах, сплавах, полупроводниках и диэлектриках. Ps и Mu применяют для изучения распределения электронной плотности, структурных особенностей молекул, механизма и кинетики быстрых и сверхбыстрых физ.-хим. процессов, фазовых переходов, диффузии в газах и конденсир. средах.

Для исследования строения электронных оболочек атомов и молекул используют резонансное испускание и поглощение γ -квантов атомными ядрами в твердых телах без потери части энергии на отдачу ядра (см. *Мёссбауэровская спектроскопия*). Измеряя интенсивность прошедшего через поглотитель γ -излучения в зависимости от скорости перемещения источника излучения (или поглощения), получают мёссбауэровский спектр, характеристиками к-рого являются положение линий, их число, относит. интенсивность, форма и площадь. Зависимость вероятности эффекта Мёссбауэра от т-ры и давления используют для установления координат, чисел, наблюдения фазовых переходов, определения дефектов в кристаллич. решетках, возникающих вследствие радиац. повреждений,

легирования, мех. воздействий. По величинам площадей спектральных линий определяют концентрации исследуемых атомов в образце прификсированной т-ре в аналит. химии и при фазовом анализе в-в в геохимии. По величине хим. сдвига резонансных линий в спектрах устанавливают степень окисления элемента в данном соед., конфигурацию валентных электронных оболочек, степень ковалентности хим. связей.

Создание мессбауэровской спектроскопии – одно из важнейших достижений Я. х., поскольку открывает широкие методич. возможности для структурной и радиационной химии, хим. кинетики, химии поверхностных явлений, геохимии и аналит. химии.

Методы Я. х. с успехом использовались для открытия новых видов распада ядер легких и тяжелых элементов – двухпротонной радиоактивности и распада с испусканием нуклонных кластеров (ядер ^{14}C и ^{24}Ne).

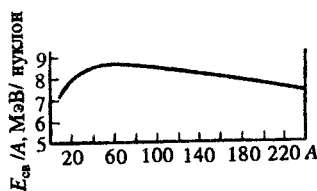
Зарождение Я. х. связано с открытием радиоактивности урана (А. Беккерель, 1896), Th и продуктов его распада – новых, радиоактивных элементов Po и Ra (М. Склодовская-Кюри и П. Кюри, 1898). Дальнейшее развитие Я. х. было определено открытием искусств. ядерного превращения (Э. Резерфорд, 1919), изомерии атомных ядер естеств. радионуклидов (О. Ган, 1921) и изомерии искусств. атомных ядер (И. В. Курчатов и др., 1935), деления ядер U под действием нейтронов (О. Ган, Ф. Штрассман, 1938), спонтанного деления U (Г. Н. Флёрв и К. А. Петржак, 1940). Создание ядерных реакторов (Э. Ферми, 1942) и ускорителей частиц (Дж. Кокрофт и Э. Уолтон, 1932) открыло возможность изучения процессов, происходящих при взаимодействии частиц высокой энергии со сложными ядрами, позволило синтезировать искусств. радионуклиды и новые элементы.

Лит.: Ядерная химия, под ред. В. И. Гольдшмидта, А. К. Лаврухиной, М., 1965; Фридлендер Г., Кениеди Дж., Мидлер Дж., Ядерная химия и радиохимия, пер. с англ., М., 1967; Чоппин Г., Ридберг Я., Ядерная химия. Основы теории и применения, пер. с англ., М., 1984. Б. Ф. Мисокодов.

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ, внутренняя энергия атомного ядра, выделяющаяся при ядерных превращениях. Обусловлена действием внутри атомных ядер сил притяжения между составляющими ядра нуклонами – протонами и нейтронами. Силы притяжения между нуклонами действуют только на очень небольших расстояниях, сопоставимых с размерами ядер (10^{-13} см). В результате действия ядерных сил при образовании ядер из протонов p и нейтронов n выделяется большое кол-во энергии, подобно тому, как при хим. р-циях выделяется энергия, соответствующая энергии возникающих хим. связей между атомами.

Полная энергия, высвобождающаяся при образовании ядра из нуклонов (она равна энергии связи ядра $E_{\text{св}}$, см. *Ядро атомное*) отвечает дефекту массы, т. е. уменьшению массы образовавшегося ядра по сравнению с общей исходной массой составляющих его протонов и нейтронов. Так, при образовании ядра ^4He из двух протонов и двух нейтронов дефект массы равен ок. 0,0293 а. е. м. и эквивалентен выделению ок. 28 МэВ. Отношение энергии связи к числу составляющих ядро нуклонов $E_{\text{св}}/A$, где A – массовое число, наз. уд. энергией связи ядра.

Быстрое уменьшение сил ядерного притяжения между нуклонами с ростом расстояния приводит к слабой зависимости уд. энергии связи от массового числа ядра (рис.). У легких ядер уд. энергия связи невелика (ок. 7 МэВ/нуклон в случае ^4He). С ростом A число соседей у каждого нуклона возрастает, и растет значение $E_{\text{св}}/A$. Оно достигает максимума при



Зависимость удельной энергии связи ядра от массового числа.

$A = 50-60$ (так, у ядер ^{56}Fe $E_{\text{св}}/A$ 8,5 МэВ/нуклон), а затем вновь убывает. Снижение уд. энергии связи с ростом A происходит довольно медленно, у ядер ^{238}U $E_{\text{св}}/A = 7,4$ МэВ/нуклон. Из этой зависимости следует, что экзотермич. являются р-ции ядерного синтеза (образование легких ядер из легчайших) и р-ции деления тяжелых ядер, а также спонтанный α -распад.

Энергия, освобождающаяся при образовании ядер из протонов и нейтронов в расчете на 1 моль, примерно в 10^9 раз больше, чем энергия, к-рая выделяется при хим. р-циях. Однако точно так же, как при проведении хим. р-ций обычно не удается освободить всю энергию, отвечающую энергии хим. связей атомов в образующихся соединениях, так и при проведении ядерных превращений выделяется энергия, значительно меньшая, чем Я. э., отвечающая всей энергии связи нуклонов в ядрах. Исключение составляют только процессы синтеза легких ядер (^4He и др.), имеющие место, напр., в звездном в-ве. Так, по совр. представлениям, энергия Солнца обусловлена выделением энергии связи нуклонов в ядрах ^4He , к-рые образуются в недрах Солнца из протонов и нейтронов в результате цикла последоват. превращений.

В земных условиях освободить и использовать Я. э. удается в двух процессах. Во-первых, при термоядерном синтезе, т. е. при синтезе ядер сравнительно легких элементов из еще более легких ядер, у к-рых энергия связи меньше. Примером такого процесса служит ядерная р-ция с участием двух ядер дейтерия, приводящая к образованию ядра ^3He и выделению нейтрона. Во-вторых, высвобождение Я. э. наблюдается при делении тяжелых ядер (^{235}U , ^{239}Pu и др.) на два осколка – ядра элементов середины периода, системы элементов, у к-рых энергия связи больше, чем у тяжелых ядер.

Первый способ реализован пока только в неуправляемом термоядерном взрыве т. наз. водородной бомбы. Попытки реализовать управляемый термоядерный синтез и в результате получить Я. э. в регулируемых условиях до сих пор к успеху не привели. Второй способ получения Я. э. осуществляется как при неуправляемом взрыве ядерного боеприпаса, так и благодаря управляемой ядерной цепной р-ции деления в ядерном реакторе (используется, как правило, ^{235}U или ^{239}Pu). Во всех этих случаях удается освободить гл. обр. в виде тепловой энергии менее 10% общей энергии связи, отвечающей участвующим в превращениях ядрам. Тем не менее, Я. э., освобождающаяся в расчете на 1 моль подвергнувшегося превращению в-ва, в 10^6-10^7 раз превышает энергию, к-рую можно получить при проведении хим. превращения с 1 молем реагента (напр., при сжигании 1 моля углевода).

В ядерных превращениях Я. э. высвобождается в виде кинетич. энергии частиц (новых синтезированных ядер, осколков деления и др.), движущихся с огромными скоростями, а также в виде жесткого электромагн. излучения (рентгеновского и γ). Торможение частиц сопровождается переходом кинетич. энергии гл. обр. в тепловую.

В литературе, особенно издававшейся в 40–50-е гг. 20 в., часто вместо термина «Я. э.» использовали термин «атомная энергия», что не вполне оправдано, т. к. речь идет именно об энергии, заключенной внутри ядра.

Лит.: Физические величины. Справочник, М., 1991. С. С. Бердоносков.

ЯДЕРНОЕ ГОРЮЧЕЕ (ядерное топливо), в-во, в к-ром протекают ядерные реакции с выделением полезной энергии. Различают делящиеся в-ва и термоядерное горючее.

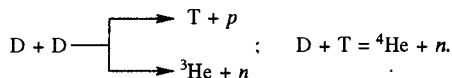
Делящиеся в-ва (делящиеся материалы) содержат нуклиды, способные к ядерной цепной р-ции деления; чаще всего это ^{235}U или ^{239}Pu , также м. б. использованы ^{233}U или ^{241}Pu . Кроме того, в делящихся в-вах присутствуют ^{238}U или ^{232}Th , к-рые сами по себе не способны к самопроизвольной цепной р-ции деления, однако в результате ядерных превращений под действием нейтронов м. б. превращены в нуклиды, способные к такому делению, т. е. в ^{235}U и ^{239}Pu (см. *Фертильные материалы*).

Нуклиды ^{235}U , ^{238}U и ^{232}Th – природные в-ва, ^{233}U , ^{239}Pu и ^{241}Pu – искусственные (см. *Радионуклиды*). Входящий в состав делящихся материалов ^{235}U – первичное Я. г., это един-

ственный из природных делящихся нуклидов. Его содержание в природном уране 0,7200%; ^{232}Th , ^{233}U , ^{238}U , ^{239}Pu , ^{241}Pu – вторичное Я. г.

В р-ции деления Я. г. выделяется ок. 180 МэВ на один акт деления и испускается неск. нейтронов (в ср. 2,5 для ^{233}U и ^{235}U , 2,9 для ^{239}Pu и 3,1 для ^{241}Pu). Из них 1 нейтрон необходим для поддержания цепной р-ции, остающиеся 1 или 2 (реже 3) нейтрона м.б. использованы на воспроизведение сгоревшего и расширенное воспроизводство Я. г. в виде ^{233}U и ^{239}Pu . По хим. составу Я. г. может быть металлическим (в т. ч. из сплавов), оксидным, карбидным, нитридным и др. Оно должно содержать возможно меньшее кол-во нуклидов, ядра к-рых легко захватывают нейтроны и не способны к р-циям деления (т. наз. реакторные яды), быть совместимым с оболочкой тепловыделяющих элементов, обладать высокой т-рой плавления, низкой летучестью, большой теплопроводностью, слабым взаимодействием с теплоносителями, минимальным растрескиванием и увеличением объема при облучении (радиационное распухание), технологичностью в изготовлении свежего топлива и переработке отработавшего. В пром. масштабах в качестве делящегося в-ва в ядерном топливном цикле применяют ^{235}U и ^{239}Pu . Теплотворная способность делящихся материалов почти в $2 \cdot 10^6$ раз выше, чем у бензина, энергетич. ресурсы разведанных запасов делящихся материалов составляют, по оценке, до 10^{19} МДж.

К термоядерному горючему относят дейтерий D, тритий T и ^6Li (см. *Литий*). Первичным Я. г. этого типа является дейтерий. ^6Li служит сырьем для получения вторичного термоядерного горючего – трития – по р-ции $^6\text{Li}(n, \alpha)\text{T}$ при облучении природного Li (7,52% ^6Li). В качестве термоядерного горючего используют дейтерий в смеси с тритием и ^6Li (в форме LiD и LiT). При осуществлении ядерных р-ций синтез в горючем протекает р-ции:



Выделяющиеся нейтроны поглощаются ядрами ^6Li , при этом образуется дополнительный кол-во трития по р-ции $^6\text{Li} + n = \text{T} + ^4\text{He}$. Тритий вступает в р-цию с дейтерием, вновь возникают нейтроны, способные взаимодействовать с ^6Li , и т.д. Теплотворная способность термоядерного горючего в 5–6 раз выше, чем у делящихся материалов. Запасы дейтерия в гидросфере составляют порядка 10^{13} т, а его энергетич. ресурсы – св. 10^{25} МДж. В наст. время практически осуществляются только неуправляемые р-ции (взрыв), широко ведется поиск методов осуществления управляемой термоядерной р-ции, позволяющей в принципе обеспечить человечество энергией практически на неограниченный срок. С.А. Кабакин.

ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ, превращения атомных ядер при взаимодействии с др. ядрами, элементарными частицами или γ -квантами. Такое определение разграничивает собственно Я. р. и процессы самопроизвольного превращения ядер при радиоактивном распаде (см. *Радиоактивность*), хотя в обоих случаях речь идет об образовании новых ядер.

Я. р. осуществляют под действием налетающих, или бомбардирующих, частиц (нейтроны n , протоны p , дейтроны d , электроны e , ядра атомов разл. элементов) либо γ -квантов, к-рым облучают более тяжелые ядра, содержащиеся в мишени. По энергиям бомбардирующих частиц условно различают Я. р. при низких (< 1 МэВ), средних (1–100 МэВ) и высоких (> 100 МэВ) энергиях. Разграничивают р-ции на легких ядрах (массовое число ядра мишени $A < 50$), ядрах ср. массы ($50 < A < 100$) и тяжелых ядрах ($A > 100$).

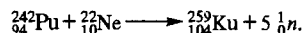
Я. р. может произойти, если две участвующие в ней частицы сближаются на расстояние, меньшее диаметра ядра (ок. 10^{-13} см), т.е. на расстояние, при к-ром действуют силы внутриядерного взаимодействия между составляющими ядра нуклонами. Если обе участвующие в Я. р. частицы – и бомбардирующая, и ядро мишени – заряжены положительно, то сближению частиц препятствует сила отталкивания двух положит. зарядов, и бомбардирующая частица должна преодолеть

т. наз. кулоновский потенциальный барьер. Высота этого барьера зависит от заряда бомбардирующей частицы и заряда ядра мишени. Для ядер, отвечающих атомам со ср. значениями атомного номера, и бомбардирующих частиц с зарядом +1, высота барьера составляет ок. 10 МэВ. В случае, если в Я. р. участвуют частицы, не обладающие зарядом (нейтроны), кулоновский потенциальный барьер отсутствует, и Я. р. могут протекать с участием частиц, имеющих тепловую энергию (т.е. энергию, отвечающую тепловым колебаниям атомов).

Обсуждается возможность протекания Я. р. не в результате бомбардировки ядер мишени налетающими частицами, а за счет сверхсильного сближения ядер (т.е. сближения на расстоянии, сопоставимые с диаметром ядра), находящихся в твердой матрице или на пов-сти твердого тела (напр., с участием ядер атомов газа дейтерия, растворенного в палладии); пока (1995) надежных данных об осуществлении таких Я. р. («холодного термоядерного синтеза») нет.

Я. р. подчиняются тем же общим законам природы, что и обычные хим. р-ции (закон сохранения массы и энергии, сохранения заряда, импульса). Кроме того, при протекании Я. р. действуют и нек-рые специфич. законы, не проявляющиеся в хим. р-циях, напр., закон сохранения барионного заряда (барионы – тяжелые элементарные частицы).

Записывать Я. р. можно так, как это показано на примере превращения ядер Pu в ядра Cu при облучении плутониевой мишени ядрами неона:



Из этой записи видно, что суммы зарядов слева и справа ($94 + 10 = 104$) и суммы массовых чисел ($242 + 22 = 259 + 5$) равны между собой. Т.к. символ хим. элемента однозначно указывает на его ат. номер (заряд ядра), то при записи Я. р. значения заряда частиц обычно не указывают. Чаше Я. р. записывают короче. Так, Я. р. образования радионуклида ^{14}C при облучении ядер ^{14}N нейтронами записывают след. образом: $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$.

В скобках указывают сначала бомбардирующую частицу или γ -квант, затем, через запятую, образующиеся легкие частицы или γ -квант. В соответствии с таким способом записи различают (n, p) , (d, p) , $(n, 2n)$ и др. Я. р.

При столкновении одних и тех же частиц Я. р. могут идти разл. способами. Напр., при облучении алюминиевой мишени нейтронами могут протекать след. Я. р.: $^{27}\text{Al}(n, \gamma)^{28}\text{Al}$, $^{27}\text{Al}(n, n)^{27}\text{Al}$, $^{27}\text{Al}(n, 2n)^{26}\text{Al}$, $^{27}\text{Al}(n, p)^{27}\text{Mg}$, $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ и др. Совокупность сталкивающихся частиц наз. входным каналом Я. р., а частицы, рождающиеся в результате Я. р., образуют выходной канал.

Я. р. могут протекать с выделением и поглощением энергии Q. Если в общем виде записать Я. р. как $A(a, b)B$, то для такой Я. р. энергия равна: $Q = [(M_A + M_a) - (M_B + M_b)] \cdot c^2$, где M – массы участвующих в Я. р. частиц; c – скорость света. На практике удобнее пользоваться значениями дефектов масс ΔM (см. *Ядро атомное*), тогда выражение для вычисления Q имеет вид: $Q = (\Delta M_A + \Delta M_a) - (\Delta M_B + \Delta M_b)$, причем из соображений удобства ΔM обычно выражают в килоэлектронвольтах (кэВ, 1 а.е.м. = 931501,59 кэВ = $1,492443 \cdot 10^{-7}$ кДж).

Изменение энергии, к-рым сопровождается Я. р., может в 10^6 раз и более превышать энергию, выделяющуюся или поглощающуюся при хим. р-циях. Поэтому при Я. р. становится заметным изменение масс взаимодействующих ядер: выделяемая или поглощаемая энергия равна разности сумм масс частиц до и после Я. р. Возможность выделения огромных кол-в энергии при осуществлении Я. р. лежит в основе ядерной энергетики (см. *Ядерная энергия*). Исследование соотношений между энергиями частиц, участвующих в Я. р., а также соотношений между углами, под к-рыми происходит разлет образующихся частиц, составляет раздел ядерной физики – кинематику ядерных р-ций.

Механизмы Я. р. Характер взаимодей. налетающей частицы с ядром мишени зависит от индивидуальных св-в взаимодей-

ствующих частиц и энергии налетающей частицы. Налетающая частица может войти в ядро мишени и вылететь из него, лишь изменив свою траекторию. Это явление наз. упругим взаимодействием (или упругим рассеянием). В приведенном выше примере с участием ядер ^{27}Al ему отвечает Я. р. $^{27}\text{Al}(n, n)^{27}\text{Al}$. Нуклон бомбардирующей частицы, попав в ядро, может столкнуться с нуклоном ядра. Если при этом энергия одного или обоих нуклонов окажется больше, чем энергия, нужная для вылета из ядра, то они оба (или хотя бы один из них) покинут ядро. Это – т. наз. прямой процесс. Время, за к-рое он протекает, соответствует времени, за к-рое бомбардирующая частица проходит через пространство, занимаемое ядром мишени. По оценке, оно равно ок. 10^{-22} с. Прямой процесс возможен при высоких энергиях бомбардирующей частицы.

При средних и невысоких энергиях бомбардирующей частицы ее избыточная энергия перераспределяется между многими нуклонами ядра. Происходит это за время 10^{-15} – 10^{-16} с. Это время отвечает времени жизни т. наз. составного ядра – ядерной системы, образующейся в ходе Я. р. в результате слияния налетающей частицы с ядром-мишенью. За этот период избыточная энергия, полученная составным ядром от налетевшей частицы, перераспределяется. Она может сконцентрироваться на одном или неск. нуклонах, входящих в составное ядро. В результате составное ядро испускает, напр., дейтрон d , тритон t или α -частицу.

Если же энергия, привнесенная в составное ядро налетающей частицей, оказалась меньше высоты потенциального барьера, к-рый должна преодолеть вылетающая из составного ядра легкая частица, то в этом случае составное ядро испускает γ -квант (радиационный захват). В результате распада составного ядра образуется относительно тяжелое новое ядро, к-рое может оказаться как в основном, так и в возбужденном состоянии. В последнем случае будет происходить постепенный переход возбужденного ядра в основное состояние.

Эффективное сечение Я. р. В отличие от большинства хим. р-ций, при к-рых исходные в-ва, взятые в стехиометрич. кол-вах, реагируют между собой нацело, Я. р. вызывает только небольшую долю из всех бомбардирующих частиц, упавших на мишень. Это объясняется тем, что ядро занимает ничтожно малую часть объема атома, так что вероятность встречи налетающей частицы, проходящей через мишень, с ядром атома очень мала. Кулоновский потенциальный барьер между налетающей частицей и ядром (при их одинаковом заряде) также препятствует Я. р. Для количеств. характеристики вероятности протекания Я. р. используют понятие эффективного сечения σ . Оно характеризует вероятность перехода двух сталкивающихся частиц в определенное конечное состояние и равно отношению числа таких переходов в единицу времени к числу бомбардирующих частиц, проходящих в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению их движения. Эффективное сечение имеет размерность площади и по порядку величины сопоставимо с площадью поперечного сечения атомных ядер (ок. 10^{-28} м²). Ранее использовалась внесистемная единица эффективного сечения – барн ($1 \text{ барн} = 10^{-28} \text{ м}^2$).

Реальные значения σ для различных Я. р. изменяются в широких пределах (от 10^{-49} до 10^{-22} м²). Значение σ зависит от природы бомбардирующей частицы, ее энергии, и, в особенно большой степени, от св-в облучаемого ядра. В случае облучения ядер нейтронами при варьировании энергии нейтронов можно наблюдать т. наз. резонансный захват нейтронов, к-рый характеризуется резонансным сечением. Резонансный захват наблюдается, когда кинетич. энергия нейтрона близка к энергии одного из стационарных состояний составного ядра. Сечение, отвечающее резонансному захвату бомбардирующей частицы, может на неск. порядков превышать нерезонансное сечение.

Если бомбардирующая частица способна вызывать протекание Я. р. по нескольким каналам, то сумму эффективных сечений разл. процессов, происходящих с данным облучаемым ядром, часто называют полным сечением.

Эффективные сечения Я. р. для ядер разл. изотопов к.-л. элемента часто сильно различаются между собой. Поэтому при использовании смеси изотопов для осуществления Я. р. нужно учитывать эффективные сечения для каждого нуклида с учетом его распространенности в смеси изотопов.

Выходы Я. р., т. е. отношение числа актов Я. р. к числу частиц, упавших на единицу площади (1 см^2) мишени, обычно не превышают 10^{-6} – 10^{-3} . Для тонких мишеней (упрошенно тонкой можно назвать мишень, при прохождении через к-рую поток бомбардирующих частиц заметно не ослабевает) выход Я. р. пропорционален числу частиц, попадающих на 1 см^2 поверхности мишени, числу ядер, содержащихся в 1 см^2 мишени, а также значению эффективного сечения Я. р. Даже при использовании такого мощного источника налетающих частиц, каким является ядерный реактор, в течение 1 ч удастся, как правило, получить при осуществлении Я. р. под действием нейтронов не более неск. мг атомов, содержащих новые ядра. Обычно же масса в-ва, полученного в той или иной Я. р., значительно меньше.

Бомбардирующие частицы. Для осуществления Я. р. используют нейтроны n , протоны p , дейтроны d , тритоны t , α -частицы, тяжелые ионы (^{12}C , ^{22}Ne , ^{40}Ar и др.), электроны e и γ -кванты. Источниками нейтронов (см. *Нейтроновые источники*) при проведении Я. р. служат: смеси металлич. Be и подходящего α -излучателя, напр. ^{226}Ra (т. наз. ампульные источники), нейтронные генераторы, ядерные реакторы. Т. к. в большинстве случаев σ Я. р. выше для нейтронов с малыми энергиями (тепловые нейтроны), то перед тем, как направить поток нейтронов на мишень, их обычно замедляют, используя парафин, графит и др. материалы. В случае медленных нейтронов осн. процесс почти для всех ядер – радиационный захват – Я. р. типа (n, γ) , т. к. кулоновский барьер ядра препятствует вылету протонов и α -частиц. Под действием нейтронов протекают цепные р-ции деления.

В случае использования в качестве бомбардирующих частиц протонов, дейтронов и др., несущих положит. заряд, бомбардирующую частицу ускоряют до высоких энергий (от десятков МэВ до сотен ГэВ), используя разл. ускорители. Это необходимо для того, чтобы заряженная частица могла преодолеть кулоновский потенциальный барьер и попасть в облучаемое ядро. При облучении мишеней положительно заряженными частицами наиб. выходы Я. р. достигаются при использовании дейтронов. Связано это с тем, что энергия связи протона и нейтрона в дейтроне относительно мала, и соотв., велико расстояние между протоном и нейтроном.

При использовании в качестве бомбардирующих частиц дейтронов в облучаемое ядро часто проникает только один нуклон – протон или нейтрон, второй нуклон ядра дейтрона летит дальше, обычно в том же направлении, что и налетающая частица. Высокие эффективные сечения могут достигаться при проведении Я. р. между дейтронами и легкими ядрами при сравнительно низких энергиях налетающих частиц (1 – 10 МэВ). Поэтому Я. р. с участием дейтронов можно осуществить не только при использовании ускоренных на ускорителе дейтронов, но и путем нагревания смеси взаимодействующих ядер до t -ры ок. 10^7 К. Такие Я. р. называют термоядерными. В природных условиях они протекают лишь в недрах звезд. На Земле термоядерные р-ции с участием дейтерия, дейтерия и трития, дейтерия и лития и др. осуществлены при взрывах термоядерных (водородных) бомб.

Для α -частиц кулоновский барьер у тяжелых ядер достигает ~ 25 МэВ. Равновероятны Я. р. (α, n) и (α, p) . Продукты Я. р. (α, n) обычно β -радиоактивны, для Я. р. (α, p) – обычно стабильные ядра.

Для синтеза новых сверхтяжелых хим. элементов (с ат. н. больше 100) важное значение имеют Я. р., протекающие с участием ускоренных на ускорителях тяжелых ионов (^{22}Ne , ^{40}Ar и др.). Напр., по Я. р. $^{204}\text{Pb}(^{40}\text{Ar}, 2n)^{242}\text{Fm}$ м. б. осуществлен синтез фермия. Для Я. р. с тяжелыми ионами характерно большое число выходных каналов. Напр., при бомбардировке ядер ^{232}Th ионами ^{40}Ar образуются ядра Ca, Ar, S, Si, Mg, Ne.

Для осуществления Я. р. под действием γ -квантов пригодны γ -кванты высоких энергий (десятки МэВ). γ -Кванты с мень-

шими энергиями испытывают на ядрах только упругое рассеяние. Протекающие под действием налетающих γ -квантов Я.р. называют фотоядерными, σ этих р-ций достигают 10^{-30} м².

Хотя электроны имеют заряд, противоположный заряду ядер, проникновение электронов в ядро возможно только в тех случаях, когда для облучения ядер используют электроны, энергия к-рых превышает десятки МэВ. Для получения таких электронов применяют бетатроны и др. ускорители.

Исследования Я.р. дают разнообразную информацию о внутр. строении ядер. Я.р. с участием нейтронов позволяют получать огромное кол-во энергии в ядерных реакторах. В результате Я.р. деления под действием нейтронов образуется большое число разл. радионуклидов, к-рые можно использовать, в частности в химии, как *изотопные индикаторы*. В ряде случаев Я.р. позволяют получать меченые соединения. Я.р. лежат в основе *активационного анализа*. С помощью Я.р. осуществлен синтез искусственных хим. элементов (технеция, прометия, трансурановых элементов, трансактиноидов).

Лит.: Давыдов А. С., Теория атомного ядра, М., 1958; Мухин К. Н., Введение в ядерную физику, 2 изд., 1965; Вильдермут К., Тан Я., Единая теория ядра, пер. с англ., М., 1980. С. С. Бердонос.

ЯДЕРНЫЙ КВАДРУПОЛЬНЫЙ РЕЗОНАНС (ЯКР), явление резонансного поглощения или излучения радиочастотной электромагн. энергии в-вом, обусловленное зависимостью част. энергии электр. электронно-ядерных взаимодейств. от взаимной ориентации сферически несимметричных распределений зарядов атомного ядра и электронных оболочек.

В силу квантовых причин изменение ориентации атомного ядра относительно окружающих его электронов и зарядов имеет дискретный характер, что вызывает появление системы уровней энергии, между к-рыми возможны переходы с частотой ν_Q . Стимулирование переходов ν_Q при наблюдении ЯКР происходит при наложении на образец переменных электр. или магн. полей. Мерой отклонения зарядового распределения атомного ядра от сферич. симметрии является его электр. квадрупольный момент eQ (ядерная константа). Неоднородность электр. поля, создаваемого электронами атомов и молекул в месте расположения атомного ядра, определяется тензором градиента напряженности электр. поля (ГЭП) eq_{zz} . Из экспериментально наблюдаемых спектров ЯКР можно определить константу ядерного квадрупольного взаимодействия e^2Qq_{zz} (e – элементарный электр. заряд) и параметр асимметрии $\eta = |(q_{xx} - q_{yy})/q_{zz}|$, где $|q_{zz}| > |q_{xx}| \geq |q_{yy}|$. Направление оси z совпадает с направлением оси квантования ориентации атомного ядра.

Сведения о e^2Qq_{zz} м.б. получены из данных ЭПР, ЯМР мессбауэровской спектроскопии, а также микроволновой и оптич. спектроскопии. Наиб. точные измерения производятся с помощью спектроскопии ЯКР в отсутствие внеш. постоянных электр. и магн. полей в твердых телах (кристаллы, стекла, аморфные твердые тела, включая полимеры). Все изменения ГЭП происходят за счет электр. вкладов, основными по величине из к-рых являются вклад валентных электронов и поляризация замкнутых оболочек атомного остова; вклад, меньший и сильно зависящий от природы внутри- и межмол. взаимодейств., вносят заряды, расположенные за пределами атомного радиуса.

Эксперименты с наложением внеш. постоянного магн. поля позволяют найти η и направление макс. компоненты ГЭП (e^2Qq_{zz}), т.е. направление оси квантования, совпадающее с направлением оси простой хим. связи. Возможно также решение обратной задачи: по зеемановским расщеплениям в спектрах ЯКР определить величину и направление локального магн. поля.

Сопоставление e^2Qq_{zz} и η в ряду однотипных соед. дает возможность определить особенности относит. электронно-ядерных движений при межконфигурационных переходах.

Наложение внеш. постоянного электр. поля напряженности E_z позволяет определить полевые постоянные частот ЯКР $\partial\nu_Q/\partial E_z$, пропорциональные атомной поляризуемости. Сопоставление ν_Q и $\partial\nu_Q/\partial E_z$ в рядах однотипных соед. позволяет найти значения напряженности электр. полей.

Основные спектральные параметры ЯКР: частота ν_Q , ширина линии $\Delta\nu$, времена квадрупольной спин-решеточной (T_1) и спин-спиновой релаксации (T_2). Диапазон наблюдаемых изменений ν_Q для разл. элементов и типов связи 0,1–1000 МГц. Диапазон изменений $\Delta\nu$ для мол. кристаллов и аморфных тел с ван-дер-ваальсовыми межмол. взаимодейств. 0,001–2% от ν_Q , что обусловлено статистич. разбросом ГЭП и свидетельствует о степени структурной упорядоченности в-ва. Диапазоны изменений времени релаксации – от неск. микросекунд до секунд (T_2) и часов (T_1) в зависимости от т-ры и характера тепловых движений молекул и их фрагментов.

ЯКР используют для изучения внутри- и межмол. взаимодействий. Исследование закономерностей взаимного влияния атомов в соед. переходных и непереходных элементов дает сведения о пространств. структуре молекул, их электронном строении, распределении внутримол. электр. полей и связи этих характеристик с реакционной способностью. При исследовании межмол. взаимодейств. получают сведения о распределении электростатич. полей в кристаллах, неупорядоченных твердых телах и твердых р-рах. Изучение твердых р-ров дает сведения о закономерностях распределения примесей, симметрии их расположения и природе межмол. взаимодействий. ЯКР позволяет изучать природу внутри- и межмол. координации, включая закономерности комплексобразования. По спектрам ЯКР полимеров получают сведения о взаимном расположении атомов в макромолекуле, их упорядоченности и подвижности. ЯКР используют для изучения сегнетоэлектриков, ферромагнетиков, сверхпроводников, полупроводников и т.п.

Лит.: Семин Г. К., Бабушкина Т. А., Якобсон Г. Г., Применение ядерного квадрупольного резонанса в химии, Л., 1972; Гречишкин В. С., Ядерные квадрупольные взаимодействия в твердых телах, М., 1973; Сафий И. А., Осокин Д. Я., Ядерный квадрупольный резонанс в соединениях азота, М., 1977. Г. К. Семин.

ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС (ЯМР), явление резонансного поглощения радиочастотной электромагн. энергии в-вом с ненулевыми магн. моментами ядер, находящимися во внеш. постоянном магн. поле. Ненулевым ядерным магн. моментом обладают ядра ^1H , ^2H , ^{13}C , ^{14}N , ^{15}N , ^{19}F , ^{29}Si , ^{31}P и др. ЯМР обычно наблюдается в однородном постоянном магн. поле B_0 , на к-рое накладывается слабое радиочастотное поле B_1 , перпендикулярное полю B_0 . Для в-в, у к-рых ядерный спин $I = 1/2$ (^1H , ^{13}C , ^{15}N , ^{19}F , ^{29}Si , ^{31}P и др.), в поле B_0 возможны две ориентации магн. дипольного момента ядра μ : «по полю» и «против поля». Возникающие два уровня энергии E за счет взаимод. магн. момента ядра с полем B_0 разделены интервалом $\Delta E = 2\mu B_0$.

При условии, что $h\nu_0 = \Delta E$, или $\omega_0 = \gamma B_0$, где h – постоянная Планка, ν_0 – частота радиочастотного поля B_1 , ω_0 – круговая частота, γ – т. наз. гиромагн. отношение ядра, наблюдается резонансное поглощение энергии поля B_1 , названное ЯМР. Для нуклидов ^1H , ^{13}C , ^{31}P частоты ЯМР в поле $B_0 = 11,7$ Тл равны соотв. (в МГц): 500, 160,42 и 202,4; значения γ (в МГц/Тл): 42,58, 10,68 и 17,24. Согласно квантовой модели в поле B_0 возникает $2I + 1$ уровней энергии, переходы между к-рыми разрешены при $|\Delta m| = 1$, где m – магн. квантовое число.

Техника эксперимента. Параметры спектров ЯМР. На явлении ЯМР основана спектроскопия ЯМР. Спектры ЯМР регистрируют с помощью радиоспектрометров (рис.). Образец исследуемого в-ва помещают как сердечник в катушку генерирующего контура (поле B_1), расположенного в зоре магнита, создающего поле B_0 так, что $B_1 \perp B_0$. При $\nu_0 = \omega_0$ наступает резонансное поглощение, что вызывает падение напряжения на контуре, в схему к-рого включена катушка с образцом. Падение напряжения детектируется, усиливается и подается на развертку осциллографа или записывающее устройство. В совр. радиоспектрометрах ЯМР обычно используют магн. поля напряженностью 1–12 Тл. Область спектра, в к-рой имеется детектируемый сигнал с одним или неск. максимумами, наз. линией поглощения ЯМР. Ширина наблюдаемой линии, измеренная на половине макс. интенсивности и выраженная в Гц, наз. шириной линии

ЯМР. Разрешение спектра ЯМР – миним. ширина линии ЯМР, к-рую позволяет наблюдать данный спектрометр. Скорость прохождения – скорость (в Гц/с), с к-рой изменяется напряженность магн. поля или частота воздействующего на образец радиочастотного излучения при получении спектра ЯМР.

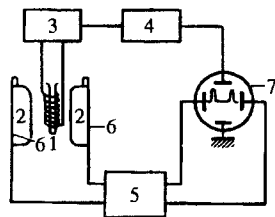


Схема спектрометра ЯМР: 1 – катушка с образцом; 2 – полюса магнита; 3 – генератор радиочастотного поля; 4 – усилитель и детектор; 5 – генератор модулирующего напряжения; 6 – катушка модуляции поля B_0 ; 7 – осциллограф.

Поглощенную энергию система перераспределяет внутри себя (т. наз. спин-спиновая, или поперечная релаксация; характеристич. время T_2) и отдает в окружающую среду (спин-решеточная релаксация, время релаксации T_1). Времена T_1 и T_2 несут информацию о междядерных расстояниях и временах корреляции разл. мол. движений. Измерения зависимости T_1 и T_2 от т-ры и частоты ν_0 дают информацию о характере теплового движения, хим. равновесиях, фазовых переходах и др. В твердых телах с жесткой решеткой $T_2 = 10$ мкс, а $T_1 > 10^3$ с, т. к. регулярный механизм спин-решеточной релаксации отсутствует и релаксация обусловлена парамагн. примесями. Из-за малости T_2 естественная ширина линии ЯМР весьма велика (десятки кГц), их регистрация – область ЯМР широких линий. В жидкостях малой вязкости $T_1 \approx T_2$ и измеряется секундами. Соотв. линии ЯМР имеют ширину порядка 10^{-1} Гц (ЯМР высокого разрешения). Для неискаженного воспроизведения формы линии надо проходить через линию шириной 0,1 Гц в течение 100 с. Это накладывает существенные ограничения на чувствительность спектрометров ЯМР.

Основной параметр спектра ЯМР – хим. сдвиг – взятое с соответствующим знаком отношение разности частот наблюдаемого сигнала ЯМР и нек-рого условно выбранного эталонного сигнала к-л. стандарта к частоте эталонного сигнала (выражается в миллионных долях, м. д.). Хим. сдвиги ЯМР измеряют в безразмерных величинах δ_i , отсчитанных от пика эталонного сигнала. Если стандарт дает сигнал на частоте ν_0 , то $\delta_i = (\nu_i - \nu_0)/\nu_0$. В зависимости от природы исследуемых ядер различают протонный ЯМР, или ПМР, и ЯМР¹³C (таблицы величин хим. сдвигов приведены на форзацах тома). ЯМР¹⁹F (см. *Фторорганические соединения*), ЯМР³¹P (см. *Фосфорорганические соединения*) и т. д. Величины δ_i обладают существенной характеристичностью и позволяют определять по спектрам ЯМР наличие определенных мол. фрагментов. Соответствующие данные о хим. сдвигах разл. ядер публикуются в справочных и учебных пособиях, а также заносятся в базы данных, к-рыми снабжаются совр. спектрометры ЯМР. В рядах близких по строению соединений хим. сдвиг прямо пропорционален электронной плотности на соответствующих ядрах.

Общепринятый стандарт для ПМР и ЯМР¹³C – тетраметилсилан (ТМС). Стандарт м. б. растворен в исследуемом р-ре (внутр. эталон) или помещен, напр., в запаянный капилляр, находящийся внутри ампулы с образцом (внеш. эталон). В качестве р-рителей могут использоваться лишь такие, чье собственное поглощение не перекрывается с областью, представляющей интерес для исследования. Для ПМР лучшие р-рители – те, что не содержат протонов (CCl_4 , CDCl_3 , CS_2 , D_2O и др.).

В многоатомных молекулах ядра одинаковых атомов, занимающих химически неэквивалентные положения, имеют различающиеся хим. сдвиги, обусловленные различием магн. экранирования ядер валентными электронами (такие ядра наз. анизохронными). Для i -го ядра $\nu_i = \nu_0(1 - \sigma_i)$, где σ – постоянная диамагн. экранирования, измеряемая в м. д. Для прото-

нов типичный интервал изменений σ – до 20 м. д., для более тяжелых ядер эти интервалы на 2–3 порядка больше.

Важный параметр спектров ЯМР – константа спин-спинового взаимодействия (константа ССВ) – мера прямого ССВ между разл. магн. ядрами одной молекулы (см. *Спин-спиновое взаимодействие*); выражается в Гц.

Взаимод. ядерных спинов со спинами электронов, содержащимися в молекуле между ядрами i и j , приводят к взаимной ориентации этих ядер в поле B_0 (ССВ). При достаточном разрешении [$(\Delta\nu/\nu_0) < 10^{-7}$] ССВ приводит к дополнит. мультиплетности линий, отвечающих определенным значениям хим. сдвигов: $\nu_i = \gamma B(1 - \sigma_i) + \sum_j F_{ij}F_{ji}$, где J_{ij} –

константы ССВ; F_{ij} – величины, значения к-рых определяются спинами ядер i и j , симметрией соответствующего мол. фрагмента, диэдральными углами между хим. связями и числом этих связей между ядрами, участвующими в ССВ.

Если хим. сдвиги достаточно велики, т. е. $\min(\nu_0 \Delta\delta_i) > \max(J_{ij})$, то ССВ проявляются в виде простых мультиплетов с биномиальным распределением интенсивностей (спектры первого порядка). Так в этильной группе сигнал метиленовых протонов проявляется в виде триплета с соотношением интенсивностей 1:2:1, а сигнал метиленовых протонов – в виде квадруплета с соотношением интенсивностей 1:3:3:1. В спектрах ЯМР¹³C метиновые группы – дублеты (1:1), а метиленовые и метильные – соотв. триплеты и квадруплеты, не столь большими, чем в протонных спектрах, значениями констант ССВ. Хим. сдвиги в спектрах первого порядка равны интервалам между центрами мультиплетов, а J_{ij} – расстояниям между соседними пиками мультиплета. Если условие первого порядка не выполняется, то спектры становятся сложными: в них ни один интервал, вообще говоря, не равен ни $\Delta\delta_i$, ни J_{ij} . Точные значения параметров спектров получают из квантовых расчетов. Соответствующие программы входят в мат. обеспечение совр. спектрометров ЯМР. Информативность хим. сдвигов и констант ССВ превратила спектроскопию ЯМР высокого разрешения в один из важнейших методов качеств. и количеств. анализа сложных смесей, систем, препаратов и композиций, а также исследования строения и реакц. способности молекул. При изучении конформаций, вырожденных и др. динамич. систем, геом. структуры белковых молекул в р-ре, при неразрушающем локальном хим. анализе живых организмов и т. п. возможности методов ЯМР уникальны.

Ядерная намагнитченность в-ва. В соответствии с распределением Больцмана в двухуровневой спин-системе из $2N$ спинов отношение числа спинов N_+ на нижнем уровне к числу спинов N_- на верхнем уровне равно $N_+/N_- = \exp(\gamma h B_0 / 2\pi k T)$, где k – постоянная Больцмана; T – т-ра. При $B_0 = 1$ Тл и $T = 300$ К для протонов отношение $N_+/N_- = 1,00005$. Это отношение и определяет величину ядерной намагнитченности в-ва, помещенного в поле B_0 . Магн. момент μ каждого ядра совершает прецессионное движение относительно оси z , вдоль к-рой направлено поле B_0 ; частота этого движения равна частоте ЯМР. Сумма проекций прецессирующих ядерных моментов на ось z образует макроскопич. намагнитченность в-ва $M_z = (N_+ - N_-)\mu$, $M_z = 10^{18}$ э. В плоскости xy , перпендикулярной оси z , проекции векторов из-за случайности фаз прецессии равны нулю: $M_{xy} = 0$. Поглощение энергии при ЯМР означает, что в единицу времени с нижнего уровня на верхний переходит больше спинов, чем в обратном направлении, т. е. разность населенностей $N_+ - N_-$ убывает (нагрев спин-системы, насыщение ЯМР). При насыщении в стационарном режиме намагнитченность системы может сильно возрасти. Это – т. наз. эффект Оверхаузера, для ядер обозначаемый NOE (Nuclear Overhauser effect), к-рый широко применяется для повышения чувствительности, а также для оценки междядерных расстояний при изучении мол. геометрии методами спектроскопии ЯМР.

Векторная модель ЯМР. При регистрации ЯМР на образец накладывают радиочастотное поле $B_1 = B_{1m} \sin(\omega_0 t)$, действующее в плоскости xy . В этой плоскости поле B_1 можно рассматривать как два вектора с амплитудами $B_{1m}/2$, враща-

ющихся с частотой ω_0 в противоположных направлениях. Вводят вращающуюся систему координат $x'y'z$, ось x' к-рой совпадает с вектором $B_{1m}/2$, вращающимся в том же направлении, что и векторы μ . Его воздействие вызывает изменение угла при вершине конуса прецессии ядерных магн. моментов; ядерная намагниченность M_z начинает зависеть от времени, а в плоскости $x'y'$ появляется отличная от нуля проекция ядерной намагниченности. В неподвижной системе координат эта проекция вращается с частотой ω_0 , т. е. в катушке индуктивности наводится радиочастотное напряжение, к-рое после детектирования и дает сигнал ЯМР — ф-цию ядерной намагниченности от частоты ω ; различают медленное изменение (свип-режим) и импульсный ЯМР. Реальное сложное движение вектора ядерной намагниченности создает в плоскости $x'y'$ два независимых сигнала: M_x (синфазный с радиочастотным напряжением B_1) и M_y (сдвинутый относительно B_1 по фазе на 90°). Одновременная регистрация M_x и M_y (квадратурное детектирование) вдвое повышает чувствительность спектрометра ЯМР. При достаточно большой амплитуде B_{1m} проекции $M_z = M_x = M_y = 0$ (насыщение ЯМР). Поэтому при непрерывном действии поля B_1 его амплитуда должна быть весьма малой, чтобы сохранить неизменными исходные условия наблюдения.

В импульсном ЯМР величина B_1 , наоборот, выбирается настолько большой, чтобы за время $t_H \ll T_2$ отклонить во вращающейся системе координат вектор M_z от оси z на угол θ . При $\theta = 90^\circ$ импульс называют 90° -ным ($\pi/2$ -импульс); под его воздействием вектор ядерной намагниченности оказывается в плоскости $x'y'$, т. е. $M_z \rightarrow M_y$. После окончания импульса вектор M_y начинает убывать по амплитуде со временем T_2 благодаря расхождению по фазе составляющих его элементарных векторов μ (спин-спиновая релаксация). Восстановление равновесной ядерной намагниченности M_z происходит со временем спин-решеточной релаксации T_1 . При $\theta = 180^\circ$ (π -импульс) вектор M_z укладывается вдоль отрицат. направления оси z , релаксируя после окончания импульса к своему равновесному положению. Комбинации $\pi/2$ - и π -импульсов широко используются в совр. многоимпульсных вариантах спектроскопии ЯМР.

Важной особенностью вращающейся системы координат является различие резонансных частот в ней и в неподвижной системе координат: если $B_1 \gg B_{\text{лок}}$ (статич. локальное поле), то вектор M прецессирует во вращающейся системе координат относительно поля $B_{\text{эфф}} = B_0 - \omega_0/\gamma + B_1$. При точной настройке в резонанс частота ЯМР во вращающейся системе координат $\omega_{\text{лок}} = \gamma B_1 \ll \omega_0$. Это позволяет существенно расширить возможности ЯМР при исследовании медленных процессов в в-ве.

Спин-эхо. Если на спин-систему наложить $\pi/2$ - и π -импульсы, разделенные интервалом времени τ , то через τ с после этого вектор M_y , частично распавшийся из-за T_2 -процессов (спин-спиновая релаксация) на все векторов μ , вновь соберется вдоль оси y' , образовав сигнал эха. Спин-эхо устраняет эффекты неоднородности условий резонанса, вызванные дефектами аппаратуры или образца, хим. сдвигами и т. п. Подробнее см. *Спинового эха метод*.

Фурье-спектроскопия. Одиночная линия ЯМР, сдвинутая на частоту ω относительно ω_0 , после 90° -ного импульса даст во вращающейся системе координат сигнал

$$M_i = M_0 \exp(-i/T_2 + i\omega_i t + \Phi_i),$$

где Φ_i — т. наз. фаза линии. Если линий не одна, а несколько и 90° -ный импульс достаточно короткий, т. е. $\gamma B_1 = \omega_i \gg 2\pi\Delta\nu$, где $\Delta\nu$ — интервал частот, на к-ром расположены эти линии (ширина спектра ЯМР), то в плоскости $x'y'$ возникнет «всеп» сигналов ΣM_i . Эти векторы, вращаясь с разными частотами, создают биения (интерферограмму). Фурье-образ интерферограммы есть искомым спектр ЯМР (с точностью до коррекции фаз линий Φ_i , чтобы все линии имели стандартную форму сигнала поглощения). Условия медленного прохождения выполняются при регистрации интерферограммы, т. е. для всех

линий спектра одновременно. Поэтому фурье-спектроскопия тем выгоднее, чем более узкие линии надо регистрировать и чем шире интервал частот, на к-ром эти линии расположены. ЯМР-фурье-спектроскопия позволяет наблюдать спектры всех магн. ядер.

Двойной и тройной резонанс. Для упрощения сложных спектров ЯМР на образец накладывают второе радиочастотное поле B_2 , частота ν_2 к-рого совпадает с положением сигнала, мешающего расшифровке спектра. Амплитуда B_2 выбирается достаточной для насыщения переходов соответствующего ядра, т. е. z -проекция его спина обращается в нуль, устраняя ССВ этого ядра с др. ядрами молекулы. Если наложить на поле B_2 шумовую модуляцию, то достигается выключение ССВ всех ядер в выбранном спектральном интервале. Такое подавление широко применяют при наблюдении ЯМР¹³C и др. ядер. Методом тройного резонанса ЯМР¹³C—¹H—⁵⁷Fe измерялись хим. сдвиги в орг. соед. железа. Применяют многочисленные разновидности множественных резонансов.

Двумерная и многомерная фурье-спектроскопия. Двумерная фурье-спектроскопия — естественное обобщение методов двойного резонанса. В одномерной спектроскопии спектр $S(\omega)$ получают как фурье-образ отклика $G(t)$ спин-системы на зондирующий импульс. В двумерной спектроскопии эксперимент начинается с приготовления спин-системы в некоем заданном состоянии посредством импульса или серии импульсов. Время эволюции системы после ее приготовления разбивается на равные интервалы Δt_i . После каждого i -го интервала $t_{2i} = n_i \cdot t_1$ ($n_i = 1, 2, 3, \dots, N_2$) производится обычная регистрация получившегося i -го отклика $G_i(t_1)$. После N_2 фурье-преобразований получают N_2 спектров, отображающих в частотной области ω_1 (от спектра к спектру) эволюцию спин-системы на интервале t_2 . Эволюция каждого соответствующего пика в этих спектрах создает интерферограмму $G_i(t_2)$. После необходимого числа фурье-преобразований получают двумерный спектр $S(\omega_1, \omega_2)$, отображающий выбранные парные взаимод. в изучаемой системе. Чаще всего такой спектр изображают в виде карты, пики на к-рой окружены замкнутыми изолиниями. Двумерную спектроскопию ЯМР применяют для анализа протон-протонных, протон-углеродных, углерод-углеродных и т. п. спин-спиновых взаимод. в самых сложных молекулах, для исследования многопозиционного хим. обмена, структурного анализа белков в р-рах. Разбив при помощи удачно подобранной импульсной последовательности период эволюции на две части, вводят в эксперимент время t_3 и переходят к 3-мерной спектроскопии; ведутся успешные работы по 4- и 5-мерной фурье-спектроскопии ЯМР.

Многоквантовая фильтрация. Использование импульсных последовательностей позволяет, помимо разрешенных переходов с $\Delta m = 1$, наблюдать также первоначально запрещенные переходы $\Delta m = 2, \Delta m = 3$ и т. д. (т. наз. m -квантовая фильтрация). При включении в схему эксперимента двухквантового фильтра из сложного спектра высокого разрешения будут удалены все линии первого порядка. Это существенно облегчает интерпретацию спектров олиго- и полипептидов и др. сложных молекул.

Хим. обмен и спектры ЯМР (динамич. ЯМР). Параметрами двухпозиционного обмена $A \rightleftharpoons B$ служат времена пребывания τ_A и τ_B , а также вероятности пребывания $p_A = \tau_A/(\tau_A + \tau_B)$ и $p_B = \tau_B/(\tau_A + \tau_B)$. При низкой т-ре спектр ЯМР состоит из двух узких линий, отстоящих на $\nu_0 \cdot \Delta\delta_{AB}$ Гц; затем при уменьшении τ_A и τ_B линии начинают уширяться, оставаясь на своих местах. Когда частота обмена $2/(\tau_A + \tau_B)$ начинает превышать исходное расстояние между линиями, линии начинают сближаться, а при 10-кратном превышении образуется одна широкая линия в центре интервала (ν_A, ν_B), если $\tau_A = \tau_B$. При дальнейшем росте т-ры эта объединенная линия становится узкой. Сопоставление эксперим. спектра с расчетным позволяет для каждой т-ры указать точную частоту хим. обмена, по этим данным вычисляют термодинамич. характеристики процесса. При многопозиционном обмене в сложном спектре ЯМР теоретич. спектр получают из квантовых эк.

расчета. Динамич. ЯМР – один из осн. методов изучения стереохим. нежесткости, конформационных равновесий и т. п.

Механизмы релаксации. Релаксационная спектроскопия. Ядерная магн. релаксация обусловлена процессами обмена энергией между ядерными спинами. Переориентация спинов в поле B_0 происходит под действием флуктуирующих локальных магн. или электростатич. полей. В зависимости от механизма обмена энергией различают диполь-дипольную, квадрупольную, спин-вращательную и др. типы релаксации.

Поскольку разл. типы движений имеют разл. времена корреляции, они м. б. выявлены с помощью измерения зависимостей времен спин-решеточной и спин-спиновой релаксации T_1 и T_2 от частоты магн. полей и т. р. Измерения T_2 и обнаружение максимумов скорости спин-решеточной релаксации позволяют отнести наблюдаемые изменения к конкретным типам движений специфич. мол. фрагментов, однозначно указывают на последовательность «размораживания» разл. типов подвижности. Смещения максимумов T_1^{-1} при изменении B_0 дают возможность измерить частоты соответствующих движений и на основании известных теоретич. моделей измерить термодинамич. параметры разл. процессов в изучаемом образце. В простых случаях, если доминирует диполь-дипольный механизм релаксации, то из данных релаксационной спектроскопии ЯМР извлекают сведения о межядерных расстояниях в молекулах жидкостей.

Вращение под магическим углом. Выражение для потенциала диполь-дипольного взаимодействия содержит множители $(3\cos^2\theta_{ij} - 1)$, где θ_{ij} – угол между B_0 и межядерным вектором r_{ij} . При $\theta_{ij} = \arccos 3^{-1/2} = 54^\circ 44'$ («магический» угол) эти множители обращаются в нуль, т. е. исчезают соответствующие вклады в ширину линии. Если закрыть твердый образец с очень большой скоростью вокруг оси, наклоненной под магич. углом к B_0 , то в твердом теле можно получить спектры высокого разрешения с почти столь же узкими линиями, как в жидкости.

Широкие линии в твердых телах. В кристаллах с жесткой решеткой форма линии ЯМР обусловлена статич. распределением локальных магн. полей. Все ядра решетки, за исключением кластера, в трансляционно-инвариантном объеме V_0 вокруг рассматриваемого ядра, дают гауссово распределение $g(v) = \exp(-v^2/2a^2)$, где v – расстояние от центра линии; ширина гауссианы a обратно пропорциональна среднему геом. объемов V_0 и V_1 , причем V_1 характеризует среднюю по всему кристаллу концентрацию магн. ядер. Внутри V_0 концентрация магн. ядер больше средней, и близкие ядра благодаря диполь-дипольному взаимодействию и хим. сдвигам создают спектр, ограниченный на интервале $(-b, b)$, где b примерно вдвое больше a . В первом приближении спектр кластера можно считать прямоугольником, тогда фурье-образ линии, т. е. отклик спин-системы на 90° -ный импульс будет

$$f(t) = (\sin bt/bt) \cdot \exp(-a^2 t^2/2).$$

Параметры a и b позволяют определять координаты легких ядер, а их температурная зависимость – изучать динамику кристаллич. решетки, диффузию и др.

Квадрупольные эффекты. В твердых телах для ядер со спином $I > 1/2$ возникает дополнительный уровень энергии. Если $e^2Qq < 1$ МГц, где eQ – электр. квадрупольный момент ядра, eq – градиент напряженности электр. поля (ГЭП) на ядре, то для монокристалла наблюдается $2I - 1$ линий, расстояния между к-рыми закономерно неменяются при изменении ориентации кристалла в поле B_0 . Из этих зависимостей находят положения главных осей тензора ГЭП, значения параметра его асимметрии η и e^2Qq . Выявляется хим. и кристаллографич. неэквивалентность. Это полезно при исследовании фазовых переходов и динамики решетки в сегнетоэлектриках, цеолитах и др. практически важных в-вах. Примеры, вакансии, дислокации, любые напряжения решетки создают на квадрупольных ядрах разброс ГЭП, размывая линии ЯМР. Если $e^2Qq > 1$ МГц, то в хороших кристаллах соответствующие переходы можно наблюдать без поля B_0 . Это ядерный квадрупольный резонанс.

Применение спектроскопии ЯМР. Спектроскопия ЯМР относится к неразрушающим методам анализа. Совр. импульсная ЯМР фурье-спектроскопия позволяет вести анализ по 80 магн. ядрам. ЯМР спектроскопия – один из осн. физ.-хим. методов анализа, ее данные используют для однозначной идентификации как промежут. продуктов хим. р-ций, так и целевых в-в. Помимо структурных отнесений и количеств. анализа, спектроскопия ЯМР приносит информацию о конформационных равновесиях, диффузии атомов и молекул в твердых телах, внутри. движениях, водородных связях и ассоциации в жидкостях, кето-енольной таутомерии, металло- и прототропии, упорядоченности и распределении звеньев в полимерных цепях, адсорбции в-в, электронной структуре ионных кристаллов, жидких кристаллов и др. Спектроскопия ЯМР – источник информации о структуре биополимеров, в т. ч. белковых молекул в р-рах, сопоставимой по достоверности с данными рентгеноструктурного анализа. В 80-е гг. началось бурное внедрение методов спектроскопии и томографии ЯМР в медицину для диагностики сложных заболеваний и при диспансеризации населения.

Число и положение линий в спектрах ЯМР однозначно характеризуют все фракции сырой нефти, синтетич. каучуков, пластмасс, сланцев, углей, лекарств. препаратов, продукции хим. и фармацевтич. пром-сти и др.

Интенсивность и ширина линии ЯМР воды или масла позволяют с высокой точностью измерять влажность и маслянистость семян, сохранность зерна. При отстройке от сигналов воды можно регистрировать содержание клейковины в каждом зерне, что так же, как и анализ маслянистости, позволяет вести ускоренную селекцию с-х. культур.

Применение все более сильных магн. полей (до 14 Тл в серийных приборах и до 19 Тл в эксперим. установках) обеспечивает возможность полного определения структуры белковых молекул в р-рах, экспресс-анализа биол. жидкостей (концентрации эндогенных метаболитов в крови, моче, лимфе, спинномозговой жидкости), контроля качества новых полимерных материалов. При этом применяют многочисленные варианты многоквантовых и многомерных фурье-спектроскопич. методик.

Явление ЯМР открыли Ф. Блох и Э. Пёрселл (1946), за что были удостоены Нобелевской премии (1952).

Лит.: Абрагам А., Ядерный магнетизм, пер. с англ., М., 1963; Эмсли Дж., Финей Дж., Сатклиф Л., Спектроскопия ЯМР высокого разрешения, пер. с англ., т. 1–2, М., 1968–69; Фаррар Т., Беккер Э., Импульсная и фурье-спектроскопия ЯМР, пер. с англ., М., 1973; Бови Ф. А., ЯМР высокого разрешения макромолекул, пер. с англ., М., 1977; Луиди А. Г., Фелин Э. И., ЯМР спектроскопия, М., 1986; Эрикс Р., Боденхаузен Дж., Бакаун А., ЯМР в одном и двух измерениях, пер. с англ., М., 1990; Зеер Э. П., Зобов В. Е., Фалалеев О. В., Новые («кросс-сингулярные») эффекты в ЯМР поликристаллов, Новосиб., 1991; Дероум Э., Современные методы ЯМР для химических исследований, пер. с англ., М., 1992; Randall J., Polymer sequence determination: Carbon 13 NMR Method, N. Y., 1977. Э. И. Федин.

ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ (ядерный реакторный цикл), совокупность технол. процессов, связанных с получением энергии на ядерных установках (в ядерных реакторах). В зависимости от ядерного горючего возможно осуществление трех типов Я.т.ц.: 1) урановый топливный цикл, в к-ром делящимся материалом служит ^{235}U , а фертильным материалом (воспроизводящим) – ^{238}U . Урановое горючее изготавливают из прир. урана (0,72% ^{235}U), низкообогащенного урана (1–5% ^{235}U) или высокообогащенного урана (до 93% ^{235}U). Первые два вида горючего используют в реакторах на тепловых нейтронах, третий – в реакторах на быстрых нейтронах, работающих в конвертерном режиме. 2) Уран-плутониевый топливный цикл. Горючее для этого цикла состоит из прир. или обедненного (0,2–0,3% ^{235}U) урана с добавкой ^{239}Pu в кол-ве, эквивалентном соответствующему обогащению по ^{235}U . Это горючее м. б. использовано как в реакторах на тепловых нейтронах, так и в реакторах на быстрых нейтронах. Фертильным материалом здесь также служит ^{238}U . 3) Уран-ториевый топливный цикл. Делящийся материал – ^{235}U или ^{233}U , фертиль-

ный — ^{232}Th . В пром. масштабе используется в основном урановое горючее.

Первый этап Я. т. ц. — получение ядерного горючего. Он включает добычу урановой руды, ее обогащение, извлечение U и его глубокую очистку, изотопное обогащение по ^{235}U (см. *Изотопов разделение*), получение из обогащенного урана материала, пригодного для загрузки в реактор, изготовление тепловыделяющих элементов (твэлов) и тепловыделяющих сборок из них. Второй этап Я. т. ц. — получение тепловой энергии в ядерных энергетич. установках при сжигании ядерного горючего. На следующих этапах Я. т. ц. проводят радиохим. переработку отработавшего горючего. Завершается Я. т. ц. подготовкой к окончат. захоронению радиоактивных отходов.

Я. т. ц. может быть организован таким образом, что из облученного горючего извлекают невыгоревший уран и накопившийся плутоний, к-рые направляют затем для изготовления новых твэлов и сборок. Такой цикл наз. замкнутым Я. т. ц. Если отработавшее топливо не перерабатывается и делящиеся материалы не возвращаются в топливный цикл, то Я. т. ц. оказывается разомкнутым (открытым).

Я. т. ц. объединяет многие предприятия: 1) шахты по добыче урановой руды; 2) обогатит. фабрики и предприятия по глубокой очистке извлеченного урана; 3) предприятия, где производят обогащение ^{235}U ; 4) предприятия по переработке обогащенного урана в форму, используемую в реакторах (чаще всего это керамика на основе UO_2); 5) заводы по изготовлению твэлов и сборок из них; 6) атомные электростанции и станции теплоснабжения, где выгорание горючего дает тепловую и электр. энергию; здесь же проводится дезактивация теплоносителей (обычно воды); 7) заводы по переработке отработавшего горючего и переводу радиоактивных отходов в форму, удобную для длит. хранения; 8) полигоны захоронения отходов. Одной из наиб. серьезных и труднорешаемых проблем является изоляция от биосферы большого кол-ва радионуклидов, образующихся в результате деления ядер урана.

Лит.: Ядерная технология, М., 1979; Радиохимическая переработка ядерного топлива АЭС, 2 изд., М., 1989.

С. А. Кабакчи.

ЯДРО АТОМНОЕ, центральная массивная часть атома, состоящая из протонов и нейтронов. Масса Я. а. примерно в $4 \cdot 10^3$ раз больше массы всех входящих в состав атома электронов. Размеры Я. а. составляют $\sim 10^{-12}$ – 10^{-13} см. Электр. заряд положителен и по абс. величине равен сумме зарядов электронов нейтрального атома.

Общие характеристики Я. а. Протон (p) и нейтрон (n) в ядре объединяются общим названием «нуклон». Число нуклонов в Я. а. наз. массовым числом A. Поскольку заряд ядра Z в единицах абс. заряда электрона e равен числу протонов, число нейтронов в Я. а. равно: $N = A - Z$. Ядра изотопы имеют одно и то же Z, но разные N, а ядра изобары — одно и то же A, но разные Z и N.

Силы, удерживающие нуклоны в ядре, наз. ядерными. Они определяются самым интенсивным из всех известных в физике взаимодейд. (сильное взаимодействие); для двух протонов в ядре, напр., ядерные силы примерно в 100 раз превышают электростатич. отталкивание. Важным св-вом ядерных сил является их независимость от заряда нуклона; взаимодейд. двух протонов, двух нейтронов или протона и нейтрона одинаковы, если одинаковы состояния относит. движения этих пар частиц, а также спиновые состояния (см. ниже). Ядерные силы характеризуются определенным радиусом действия. Наиб. радиус действия составляет примерно $1,41 \cdot 10^{-13}$ см; в то же время зависимость ядерных сил от расстояния между нуклонами пока не установлена.

Размеры Я. а. зависят от их массового числа. Ср. плотность распределения нуклонов для всех ядер с $A > 10$ практически одинакова, так что объем ядра пропорционален A, а его линейный размер пропорционален $A^{1/3}$. Эффективный радиус R ядра определяется равенством: $R = aA^{1/3}$, где постоянная a составляет величину $(1,1\text{--}1,4) \cdot 10^{-13}$ см в зависимости от того, в каком физ. эксперименте измеряется R. Это равенство показывает, что R меняется от 10^{-13} до 10^{-12} см. Плотность ядерного в-ва чрезвычайно велика по сравнению с плотностью

обычных в-в и составляет ок. 10^{14} г/см³. Плотность распределения нуклонов в ядре почти постоянна в центральной его части и экспоненциально убывает на периферии.

Для расщепления Я. а. на отдельные нуклоны необходимо затратить энергию, наз. энергией связи ядра $E_{\text{св}}$, определяемую соотношением:

$$E_{\text{св}} = (Zm_p + Nm_n - M)c^2,$$

где m_p , m_n и M — массы протона, нейтрона и ядра соотв.; c — скорость света.

Величина $\Delta M = Zm_p + Nm_n - M = E_{\text{св}}/c^2$, показывающая насколько масса ядра отличается от массы составляющих его частиц, наз. дефектом массы. На практике дефект массы часто определяют как разницу между массой атома в а. е. м. и массовым числом A. Знание дефекта масс позволяет определить величину энергии, к-рая может выделяться в ядерных реакциях (см. также *Ядерная энергия*).

Отношение $E_{\text{св}}/A$ слабо меняется при изменении A, составляя для большинства ядер приблизительно 78 МэВ. Эту особенность соотносят с насыщением ядерных сил, т. е. с тем, что каждый нуклон связывается в Я. а. лишь с ограниченным числом др. нуклонов. Более детальное рассмотрение показывает, что $E_{\text{св}}$ зависит от соотношения A и Z. Существует т. наз. полоса стабильности для этого соотношения, при выходе за пределы к-рой у ядер проявляется нестабильность, т. е. возможен радиоактивный распад (см. *Радиоактивность*). Это соотношение важно и при установлении предельно возможного значения Z, выше к-рого тяжелые ядра оказываются нестабильными в отношении спонтанного деления. Теоретич. оценки вероятности спонтанного деления ядер не исключают существования «островов стабильности» сверхтяжелых ядер вблизи Z, равных 114 и 126.

Нек-рые ядра существуют в метастабильных возбужденных энергетич. состояниях, что обнаруживается по различиям характеристик радиоактивного распада в основном и возбужденном состояниях (см. также *Измерения атомных ядер*).

Квантовые состояния ядер определяются дискретными уровнями энергии и рядом других сохраняющихся в этих состояниях физ. величин. Важнейшие характеристики квантового состояния Я. а. — его спин I и четность P. Спиновое квантовое число I целое у ядер с четным A и полуцелое у ядер с нечетным A, поскольку соответствующие числа для протона и нейтрона равны $1/2$, а спин составной частицы равен сумме спинов составляющих ее частиц либо отличается от нее на целое число. Четность состояния $P = \pm 1$ указывает на изменение знака волновой ф-ции ядра при инверсии пространства. Основные состояния ядер с четными Z и A обычно четные ($P = \pm 1$) и спин $I = 0$. Легкие ядра ($Z < 20$) характеризуются дополнит. квантовым числом, наз. изоспином. Изоспин ядра T является целым числом при четном A и полуцелым — при нечетном (т. к. изоспин нуклона также равен $1/2$). В разных квантовых состояниях изоспин м. б. различным, причем $T \geq (A - 2Z)/2$ (знак равенства справедлив для основного состояния ядра).

Я. а. в каждом квантовом состоянии характеризуется помимо энергии также электр. и магн. моментами. Если квантовое состояние ядра имеет определенную четность, его электр. дипольный момент равен нулю. В то же время электр. квадрупольный момент может отличаться от нуля (хотя и здесь имеется ограничение: лишь при $I > 1/2$). Квадрупольный момент ядра м. б. записан в виде eQ , где Q — коэф., имеющий размерность площади и меняющийся от 10^{-27} см² (легкие ядра) до 10^{-23} см² (тяжелые ядра). Наличие квадрупольного момента у ядер свидетельствует о том, что распределение заряда в них не обладает сферич. симметрией и м. б. представлено эллипсоидом вращения. Если ядро вытянуто вдоль оси вращения эллипсоида (оси симметрии), $Q > 0$, если сплюснуто, то $Q < 0$. Как правило, большие квадрупольные моменты ядер положительны.

Магн. дипольные моменты ядер μ имеют порядок величины ядерного магнетона $\mu_N = eh/2m_p c \approx 5,051 \cdot 10^{-27}$ Дж/Тл (h — постоянная Планка) и связаны со спином ядра I коэф. пропорциональности γ , носящим назв. гиромангнитного отношения: $\mu = \mu_N(\gamma I)$. Значение γ меняется в широких

пределах – от 5,25 для ^{19}F до –2,08 для ^{119}Sn . Магн. дипольный и электр. квадрупольный моменты ядер м.б. измерены радиоспектроскопич. методами (см. *Радиоспектроскопия*).

Модели ядер. Квантовая система с сильным взаимод. многих составляющих ее частиц представляет собой сложный объект для совр. квантовой теории. К тому же теория Я. а. не располагает достаточно определенной информацией о ядерных силах. По этой причине структуру и св-ва ядер описывают пока в рамках моделей, позволяющих получать удовлетворит. результаты лишь по определенным наборам св-в ядер.

Оболочечная модель похожа по структуре на модель электронных оболочек: каждый нуклон находится в ядре в определенном квантовом состоянии, характеризующем энергией, спином j , его проекцией на одну из осей, орбитальным моментом кол-ва движения $l = j \pm 1/2$ и четностью $(-1)^l$. Заполнение уровней энергии проводится в соответствии с *Паули принципом*. Однако при больших A (> 150) квадрупольные моменты ядер отличаются от значений, предсказываемых оболочечной моделью, в 10–100 раз. Поэтому была предложена ротационная модель для несферич. ядер, согласно к-рой ядро представляет собой эллипсоид вращения и уровни энергии зависят от момента инерции ядра. В обобщенной модели сохраняются осн. идеи оболочечной модели, но потенц. поле, в к-ром движутся нуклоны, предполагается имеющим симметрию эллипсоида вращения, а не сферич. симметрию. Активно развиваются кластерные модели, в к-рых используется представление об образовании взаимодействующих между собой кластеров из двух или большего числа нуклонов. Тем не менее ни одна из моделей не может претендовать на последоват. объяснение св-в ядер на основе общих физ. принципов, а также данных о структуре ядер и взаимод. нуклонов. Теория Я. а. остается пока одной из нерешенных фундам. проблем совр. физики.

Ядерные эффекты в химии. Превращения в-в, не стабильных относительно распада ядер, изучаются, начиная с открытия радиоактивности в 1896. Введенный в нач. 20 в. термин «*радиохимия*» в наст. время объединяет химию радиоактивных в-в и ядерных превращений и изучение сопутствующих им физ.-хим. процессов. Разработаны методы, позволяющие направленно получать, концентрировать и выделять атомы с определенными ядрами, в частности радионуклиды, а также молекулы, в состав к-рых входят такие атомы (см. *Ядерная химия*).

Заметное влияние на ядерные процессы оказывает строение электронных оболочек атомов и молекул. Так, *мёсбауэровская спектроскопия* основана на регистрировании резонансного поглощения (рассеяния) γ -квантов ядрами при совпадении энергий ядерных переходов поглотителя с частотой γ -квантов. Изменение энергетич. состояний ядер в молекуле или кристалле по сравнению с состоянием тех же ядер в свободном атоме определяется, в частности, изменением электростатич. взаимод. объемного заряда ядра с электронами, что приводит к т. наз. хим. сдвигу резонансных линий в мёсбауэровском спектре и взаимод. квадрупольного момента ядра с градиентом электр. поля на ядре, обусловленным несферич. окружением данного ядра в молекуле. В результате происходит расщепление энергетич. уровней мол. системы в зависимости от проекции спина ядра на направление градиента электр. поля на ядре. Переходы между расщепленными уровнями наблюдаются с помощью метода *ядерного квадрупольного резонанса*. Взаимод. магн. момента ядра с магн. полем, создаваемым электронами, определяет сверхтонкую структуру спектров *электронного парамагнитного резонанса*. Расщепление уровней энергии под влиянием взаимод. магн. моментов ядер, связанных с их спином, обусловило создание разл. вариантов метода *ядерного магнитного резонанса*; тонкая структура спектров ЯМР вызвана *спин-спиновым взаимодействием* ядер. Все упомянутые методы, основанные на св-вах ядер и их зависимости от окружения ядер, используются для анализа того, что представляет собой окружение Я. а. в молекулах, а также для изучения разл. релаксационных процессов в в-ве.

Характеристики ядер, входящих в состав молекулы, наряду с числом электронов полностью определяют данную молеку-

лу, а следовательно, и весь набор ее квантовых состояний (разл. изомеры отвечают лишь разл. участкам на энергетич. потенц. энергии молекулы). Во мн. задачах достаточно рассматривать ядра как точечные образования, несущие заряд и определяющие общую структуру волновых ф-ций ψ из квантовых состояний молекулы. Однако более точные эффекты зависят от спина ядер, их квадрупольного момента и также от их размеров и масс (при использовании релятивистских подходов), что приводит к необходимости активного изучения св-в и структуры ядер.

Различие масс ядер изотопов определяет прежде всего *изотопные эффекты* – различие физ. и хим. св-в в-ва, содержащего изотопно-замещенные молекулы. В частности, различия масс ядер изотопов позволяют увеличить объем информации, извлекаемой из вращат. и колебат. спектров молекул. Предполагается, что у всех изотопно-замещенных молекул потенц. пов-сть, рассматриваемая в адиабатич. приближении, одна и та же, следовательно, и мол. постоянные, определяющие потенц. пов-сть (равновесная конфигурация, силовые постоянные, постоянные ангармоничности и др.), остаются без изменений. Однако положения вращат. и колебат. уровней энергии молекулы зависят от массы составляющих ее частиц, следовательно, меняются и переходы между этими уровнями при изотопном замещении.

Эти же различия в энергетич. спектре изотопов, наряду с различием поступат. энергии молекул с разными массами при одной и той же т-ре, влекут за собой различие термодинамич. св-в в-ва, в частности отличие от единицы констант равновесия *изотопного обмена*. Р-ции с участием изотопно-замещенных молекул отличаются скоростями, температурной зависимостью и т. п.

Лит.: Бете Г., Моррисон Ф., *Элементарная теория ядра*, пер. с англ., 2 изд., М., 1958; Давыдов А. С., *Теория атомного ядра*, М., 1958; Драго Р., *Физические методы в химии*, пер. с англ., т. 1–2, М., 1981; Флайгер У., *Строение и динамика молекул*, пер. с англ., т. 1–2, М., 1982; Мигдал А. Б., *Теория жестких ферми-систем и свойства атомных ядер*, 2 изд., М., 1983.

Н. Ф. Степанов.

ЯДЫ ЖИВОТНЫХ, токсичные в-ва белковой и небелковой природы. Первые (олиго- и полипептиды, ферменты) встречаются у большинства «вооруженных» активно-ядовитых животных (змей, пауков, скорпионов и др.); они действуют в осн. при парентеральном введении и в сочетании с др. компонентами яда. Животные, обладающие «невооруженным» ядовитым аппаратом (амфибии, муравьи, жуки и др.), пассивно-ядовитые (напр., нек-рые рыбы, полипы) и простейшие (см. *Яды простейших*) часто вырабатывают сильные яды небелковой природы (в отдельных случаях возможна аккумуляция яда из др. источника).

Считают, что на начальном этапе эволюции животных возникли виды с чертами примитивной ядовитости, способные аккумулировать ядовитые метаболиты в тканях и органах. В последующем нек-рые из них приобрели способность вырабатывать яд в спец. органах. Вероятно, вначале это происходило в результате усиления защитной ф-ции наружного слоя тела (иглокожие, кишечнополостные, черви), затем – путем образования специализир. органов на базе желез внеш. и внутр. секреции. Так, ядовитый аппарат перепончатокрылых связан с половой системой, у змей и моллюсков – с пищеварительной.

Яды белковой природы. Обычно нативные яды, содержащие в качестве активного начала в-ва белковой природы, включают также минорные белковые компоненты и ряд орг. и неорг. в-в, определяющих в совокупности физиол. активность и характер токсич. действия. По этой причине яды белковой природы принято классифицировать по видам животных, вырабатывающих яд и характеризовать как целый яд, так и его наиб. значимые компоненты.

Яды змей – прозрачные или мутные жидкости без запаха и вкуса; раств. в H_2O ; легко кристаллизуются при высушивании; в сухом виде сохраняют активность до 20 лет. Содержат комплекс активных в-в: ферменты [во всех ядах найдены: гиалуронидаза, фосфолипаза А, нуклеотидаза, фосфодиэстераза, дезоксирибонуклеаза, рибонуклеаза, аденозинтрифос-

фатаза, нуклеотид-пирофосфатаза, оксидаза L-аминокислот (за исключением морских змей) и экзопептидаза], полипептиды (нейро- и гемотоксины), белки со специфич. св-вами (фактор роста нервных клеток, антикомплемментарный фактор и др.), неорг. компоненты. По характеру действия на теплокровных подразделяются на две основные группы: нейротоксичные (действуют на нервную систему; яды аспидов и морских змей) и гемотоксичные (действуют на кровь; большинство ядов гадюк и гремучих змей). Токсичность изменяется в широких пределах у разл. видов, а также внутри вида в зависимости от места обитания, пола, возраста и времени года. ЛД₅₀ наиб. сильных ядов (мг/кг, мыши): 0,01 [внутривенно (в/в)] – морская змея *Enhydrina schistosa*; 0,04 [внутримышечно (в/м)] – тигровая змея (*Notechinus scutatus*); 0,08–0,09 (в/м) – гремучник *Crotalus dirissus terrificus*, гадюка *Vipera russeli* и крайт *Bungarus caeruleus*; 0,1–0,2 [в/м, внутривенно (в/вр)] – морские змеи рода *Hydrophis* и земляные гадюки (*Atractaspis*); 0,2–0,7 (в/м) – кобры, многие гремучие змеи и др. Считают, что ежегодно ок. 1 млн. человек подвергаются укусам ядовитых змей (из них 24% – тяжелые поражения, 2–3% – смертельные). Частота смертельных исходов в зависимости от вида приведена в табл. 1.

Табл. 1. – ЧАСТОТА СМЕРТЕЛЬНЫХ ИСХОДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ЗМЕЙ, КОЛИЧЕСТВА ВВОДИМОГО ЯДА И ВЕЛИЧИНЫ ЛД₁₀₀ ЯДА

Вид	Вводимое кол-во яда, мг	ЛД ₁₀₀ , мг/кг для человека	% смертельных случаев
Черная мамба <i>Dendroaspis polylepis</i>	~ 1000	~ 1,6	100
Кобра <i>Naja naja</i>	~ 200	~ 0,2	32
Песчаная эфа <i>Echis carinatus</i>	10–12	~ 0,06	20
Морские змеи	10–50	0,04–0,1	~ 17

Токсичное начало ядов аспидов (кобр, бунгарусов, мамб и др.) и морских змей – нейротоксины. Они делятся на постсинаптические (яды кобр, бунгарусов, мамб и нек-рых австралийских змей) и пресинаптические (яды австралийских и азиатских змей). По структуре молекулы постсинаптич. токсинов подразделяются на «короткие» (60–62 аминокислотных остатков, 4 дисульфидные связи; мол. м. ~ 7000) и «длинные» (71–74 аминокислотных остатков, 5 дисульфидных связей; мол. м. ~ 8000), различающиеся по характеру блокирования холинорецепторов и др. св-вам. Как правило, короткие нейротоксины быстрее связываются с рецепторами скелетных мышц, однако длинные связываются более прочно. Характерна также видовая чувствительность к действию постсинаптич. нейротоксинов.

Пресинаптич. нейротоксины менее однородны по строению, отличаются меньшей избирательностью действия (нек-рые активны и на постсинаптич. уровне). Ряд пресинаптич. токсинов (тайпоксин, нотексин, β-бунгаротоксин) обладает фосфолипазной активностью и вызывает характерное изменение в высвобождении медиаторов проведения нервного импульса (ослабление секреции, усиление и, наконец, полное ее угнетение в результате повреждения везикул). Ряд токсинов с фосфолипазной активностью обладает также миотоксич. действием (напр., тайпоксин и нотексин).

В ядах многих кобр и бунгарусов найдены также мембраноактивные полипептиды (мол. м. 6–7 тыс.), обладающие широким спектром активности: гемолитической, кардиотоксической и цитотоксической. В основе их действия лежит способность модифицировать поверхностные клеточные мембраны (при этом возбудимые мембраны деполаризуются).

Важную роль в обеспечении токсич. действия яда аспидов играют ферменты – гиалуронидаза, ацетилхолинэстераза и фосфолипаза, а также факторы, оказывающие влияние на свертываемость крови. Так, яды тигровой змеи, тайпана (*Oxyuranus scutellatus*), коричневой змеи (*Pseudonaja textilis*) обладают сильным коагулирующим действием, а яд кобры замедляет свертываемость крови.

Наиб. грозный симптом отравления ядами аспидов – паралич скелетной и дыхат. мускулатуры, приводящий к ослаблению дыхания (вплоть до полной остановки). При укусах австралийских аспидов наблюдаются также отеки с послед. дегенерацией мышечных волокон. Действие яда кобр обусловлено не только токсичными компонентами, но и развитием процессов аутоинтоксикации вследствие высвобождения гистамина, простагландинов и др. активных в-в. Эффективное средство лечения – видовая или поливалентная сыворотка (напр., «Антикобра»). Применяют также искусств. дыхание, антихолинэстеразные средства, кортикостероиды, налоксон.

При отравлении ядом морских змей наблюдаются двигат. расстройства, затруднение речи и дыхания, тонич. судороги, изменение вязкости крови, миоглобинурия. Смерть наступает от паралича дыхат. мускулатуры. Для лечения используют сыворотки, симптоматич. средства.

Нейротоксины яда гадюк одно- или двухкомпонентны. Напр., каудоксин из яда африканской гадюки *Bitis caudalis* представляет собой полипептид с мол. м. 13 332. Это пресинаптич. токсин, блокирующий высвобождение ацетилхолина из двигат. нервных окончаний (ЛД₅₀ 0,18 мг/кг, мыши, в/м). Выделенный из яда носатой гадюки (*Vipera ammodytes*) випоксин (ЛД₅₀ 0,4 мг/кг, мыши, в/м) состоит из двух компонентов: нетоксичного кислого белка и щелочной фосфолипазы А₂. Из яда палестинской гадюки (*V. palaestinae*) также выделен двухкомпонентный токсин, содержащий белок с фосфолипазной активностью и полипептид (мол. м. 12 тыс.), вызывающий гемодинамич. расстройства.

Нейротоксины яда гремучих змей имеют обычно субъединичную природу. Наиб. изучен крототоксин (ЛД₅₀ 0,09 мг/кг, мыши, в/м) из яда змеи *Crotalus d. terrificus* – комплекс щелочной фосфатазы (ЛД₅₀ 0,54 мг/кг, мыши, в/м; мол. м. 14 350) с кислым белком кротопатином, не обладающим ни заметной токсичностью, ни ферментативной активностью. Считают, что кротопатин предотвращает неспецифич. сорбцию фосфолипазы, что благоприятствует ее связыванию с рецепторными пресинаптич. участками. Помимо крототоксина в яде содержатся еще два токсичных полипептида – гироксин (мол. м. 33 тыс.) и кротамин (мол. м. 4880). Первый вызывает поражение вестибулярного аппарата, второй – судороги, обусловленные стойкой деполаризацией мышечных мембран (кротамин – единств. токсин из ядов змей, действующий на Na-каналы электровозбудимых мембран).

Аналогичные крототоксину компоненты содержит мойяветоксин (из яда гремучей змеи *Crotalus scutulatus*). Как и в случае крототоксина, субъединицы мойяветоксина рекомбинируют с сохранением исходной активности и токсичности.

Гемотоксины ядов гадюк и гремучников представлены двумя группами: сериновыми протеазами и металлопротеазами. Первые – термолабильные эндопептидазы; по характеру действия близки к тромбиноподобным ферментам и кининогеназам. Вторые – термолабильные белки, катализирующие гидролиз казеина, гемоглобина, инсулина и др. Активность металлопротеаз промотируют двухзарядные ионы (напр., Са²⁺); они лишены аргининэстеразной активности и действуют в осн. на связи остатков лейцина и фенилаланина. Относит. содержание протеаз в ядах сильно варьирует (напр., в яде гадюки *V. betus* 75% протеолитич. активности приходится на металлопротеазы и 25% – на сериновые; обратное соотношение – в яде гюрзы *V. lebetina*). Протеазы ядов могут вызывать нарушение свертываемости крови и фибринолиза, приводя к тромбозам или геморрагиям. Действуя на разные звенья гемокоагуляц. каскада (см. *Протромбиновый комплекс*), протеазы большинства ядов оказывают двойное действие; вначале наблюдается внутрисосудистое свертывание крови, затем кровь может на длит. период терять способность к свертыванию.

Интоксикация ядами гадюк и гремучников характеризуется геморрагияч. отеком и некрозом тканей в зоне введения яда. В тяжелых случаях развивается шок, чему способствуют развитие сердечной недостаточности, уменьшение венозного объема крови, нарушение ф-ций форменных элементов кро-

ви, ступение крови, тромбоэмболия, дисбаланс электролитов, разл. нарушения центр. нервной системы и др.

Лечение: введение в кратчайшие сроки сыворотки; гепаринотерапия, переливание крови, внутривенное введение альбумина и фибриногена, противошоковые мероприятия.

Яды паукообразных (скорпионы, пауки, клещи) изучены меньше, чем яды змей. Наиб. токсикологич. значение имеют скорпионы (свыше 1500 видов), от укусов к-рых ежегодно страдают ок. 150 тыс. человек, причем число смертельных исходов в нек-рых зонах составляет 11–16%. Наиб. опасны скорпионы родов *Leiurus*, *Buthus*, *Androctonus* (Африка, Азия), *Centruroides* (юг США, Мексика), *Tityus* (Бразилия). Токсичность яда нек-рых видов скорпионов представлена в табл. 2.

Табл. 2. – ТОКСИЧНОСТЬ ЯДОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СКОРПИОНОВ

Вид	ЛД ₅₀ , мг/кг (мышь, подкожно)
<i>Tityus serrulatus</i>	1,4
<i>T. bahiensis</i>	9,3
<i>Leiurus quinquestratus</i>	0,3
<i>Androctonus australis</i> *	0,5
<i>Buthus occitanus</i>	7,0
<i>Parabuthus</i> spp.	35–100
<i>Opisthophthalmus</i> spp.	600
<i>Haddgenes</i> spp.	1800

* Действующее начало полипептид титытоксин, мол. м. 68 тыс., ЛД₅₀ 0,009 (мышь, в/м).

Нативные яды скорпионов – бесцв., слабоопалесцирующие жидкости; выдерживают нагрев до ~80 °С; сохраняются длит. время только в высушенном виде. Р-ция яда кислая; плотн. 1,1 г/см³; раств. в воде, в физиол. р-ре; не раств. в орг. р-рителях. Разрушается конц. к-тами и щелочами, а также окислителями. От отдельных особей крупных тропич. видов получают до 20–40 мг нативного яда. При единичном ужалении обычно выделяется менее 1 мг яда. Яды содержат полипептиды, ферменты (фосфорилазы А и В, кислая фосфатаза, фосфодиэстераза, ацетилхолинэстераза, 5'-нуклеотидаза, гиалуронидаза, рибонуклеаза), моно- и полисахариды; в нек-рых ядах найдены серотонин и гистамин. Уникальное св-во ядов нек-рых видов (напр., семейства *Buthidae* и *Scorpionidae*) – наличие нейротоксинов, избирательно действующих на млекопитающих, насекомых или ракообразных. Токсины млекопитающих обычно имеют мол. массу ок. 7 тыс. Их свернутая полипептидная цепь (60–70 аминокислотных остатков) стабилизирована неск. дисульфидными связями (исключение – токсин скорпиона *Scorpio maurus palmatus*, состоящий из 32 аминокислотных остатков с мол. м. 3478). Нейротоксины скорпионов в неск. раз превосходят по токсичности нативные яды. Их активность обусловлена модификацией Na-каналов электровозбудимых мембран.

Симптомы отравления: сильная боль в месте ужаления, к-рая сменяется онемением, эритема, отек и некротич. изменения; вначале может наблюдаться возбуждение (у детей – судороги), затем угнетение рефлексов, расширение зрачков, слезотечение; наблюдаются изменения частоты пульса, артериального давления и т-ры тела (продолжит. гипотермия указывает на ухудшение состояния); дыхание прерывистое; возможна рвота. Смерть может наступить от паралича дыхат. центра.

Лечение: скорейшее введение сыворотки; комплексное введение адрено- и холиноблокаторов; рекомендуются анальгетики, CaCl₂, тепло на область ужаления.

Яды пауков изучены меньше, чем яды скорпионов. Токсикологич. значение имеют яды птицеедов семейства *Aviculariidae* и *Dipluridae*, аранеоморфных пауков семейства *Sicariidae*, *Theridiidae*, *Lycosidae*, *Clubionidae*, *Eresidae*. Яды обладают нейро- и (или) гемотоксич. активностью. В состав ядов входят полипептиды, ферменты, во мн. случаях – биогенные амины и др. активные в-ва. Яды нек-рых видов обладают сравнительно высокой токсичностью для теплокровных (напр., ЛД₅₀ мг/кг для мышей подкожно или в/м:

каракрут – 0,2; тарантул *Lycosa singoriensis* – 15; птицеед *Pterinochilus* sp. – 1,5).

Наиб. изучен яд каракурта (род *Latrodectus*) – мутная подвижная жидкость; раств. в H₂O; при высыхании образует кристаллы; выше 60 °С теряет активность. Активное начало – α -латроксин – полипептид с мол. массой ок. 130 тыс. (димер), ЛД₅₀ 0,04 мг/кг, мыши, в/м; действует на пресинаптит. уровне, вызывая массовый выброс медиатора из везикул. При этом он, видимо, модифицирует мембраны и изменяет их проницаемость.

Симптомы отравления: болевой синдром, нервно-мышечные и вегетативные расстройства. Боли захватывают конечности, живот, поясницу, грудь. Психомоторное возбуждение сменяется депрессией, возможно помрачение сознания. Выражены расширение зрачков, потоотделение, бронхоспазм. Смертельные исходы – 2–4%. Лечение: введение сыворотки, р-ров солей Ca и Mg, симптоматич. средств.

Иным характером токсич. действия («некротическим арахидизмом») и составом обладает яд пауков рода *Loxosceles* (Сев. Америка). В яде обнаружены гиалуронидаза, липаза, щелочная фосфатаза, алиэстераза, протеаза, 5'-нуклеотидаза и сфингомиелиназа Д, а также инсектотоксина. Присутствие сфингомиелиназы Д определяет дерматонекротич. действие яда и промотирует слияние тромбоцитов и распад эритроцитов. Симптомы отравления: гемолитич. анемия, тромбоцитопения, внутрисосудистое свертывание крови, гемоглобинурия, почечная недостаточность. Возможен смертельный исход. Лечение: введение сыворотки, симптоматич. лекарств. терапия.

В яде паука *Atrax robustus* (Австралия) содержится нейротоксин (атраксин, мол. м. 1130), γ -аминомасляная к-та, белок спермин и гиалуронидаза. Токсин и нативный яд обладают прямым действием на α -адренорецепторы и вызывают также высвобождение ацетилхолина из холинергич. нервных окончаний. Симптомы отравления: местная боль, слюно- и слезотечение, фибриляция мышц, тахикардия, повышение артериального давления. Лечебные средства: сыворотка, диазепам, атропин, кортикостероиды.

Токсин (мол. м. ~10500; 77 аминокислотных остатков; ЛД₅₀ 0,1 мг/кг, мыши, в/м), обладающий паралитич. действием, содержится в яде птицееда (Танзания).

Среди клещей к ядовитым относятся неск. видов родов *Ixodes* и *Ornithodoros*. В слюнных железах *I. holocyclus* (Австралия) найден паралитич. токсин с мол. м. ~50 тыс., к-рый, как считают, на пресинаптит. уровне разобщает процесс деполяризации нервных окончаний и механизм секреции медиатора. Укус клеща приводит к развитию паралича, заканчивающегося часто смертельным исходом. В качестве лечебного средства используют сыворотку.

Токсины (мол. м. ~10 тыс.) – ингибиторы протеаз – содержатся в яйцах иксодовых клещей *Amblyomma hebraeum*, *Boophilus decoloratus*, *B. microplus* и др. При введении этих токсинов эксперим. животным наблюдаются повышение чувствительности, отсутствие аппетита, конъюнктивиты, насморк, понос с кровью.

Яды перепончатокрылых (пчелы, осы) – обычно слабоподвижные, бесцв. или слабоокрашенные жидкости; раств. в H₂O; при высыхании образуют буроватые пластинки; в твердом состоянии сохраняют активность неск. лет. Орг. р-рители, соли тяжелых металлов, прямое солнечное облучение, конц. щелочи и к-ты, окислители инактивируют яды. Нагревание (~100 °С, ~30 мин) частично или полностью инактивирует яды. Нек-рые яды обладают относительно высокой токсичностью; напр., для мышей ЛД₅₀ мг/кг, в/в, составляют: 0,25 – *Pogonomyrmex comanche*; 0,45 – *P. badius* и *P. rugosus*; 2,5 – шершень *Vespa orientalis* и оса *H. joglandis*; 3,5 – обыкновенная пчела *Apis mellifera*; 7,2 – шмель *Bombus impatiens*. Хотя кол-во выделяемого при ужалении яда невелико (напр., у осы *H. joglandis* ~0,013 мм³), даже единичные укусы (особенно шершней и ос тропич. зоны) могут привести к смертельному исходу, если возникает быстро развивающаяся аллергия. р-ция.

Картина поражения зависит от вида насекомого, числа укушений и др. факторов. Наиб. опасными для человека считаются насекомые, ведущие обществ. образ жизни. Основные симптомы отравления: боль, отек, гиперемия (в случае шершней возможны некротич. процессы); возможные аллергич. р-ции (крапивница, отек гортани). Обычно яды обществ. пчел и ос действуют также на вегетативную и центр. нервные системы; как следствие наблюдаются тахикардия, судороги и параличи, боли в области сердца, общая слабость, обморок. Возможна смерть от паралича дыхания. Лечение – симптоматическое. Рекомендуют холод на место укушения. В тяжелых случаях вводят адреналин, кортикостероиды и антигистаминные средства. В нек-рых странах (напр., США) проводят профилактич. иммунизацию лиц, склонных к аллергич. р-циям.

Яды обществ. пчел и ос имеют много общих элементов состава (табл. 3) и характеризуются относительно невысоким содержанием ферментов, напр. в нативном яде пчел: воды ~ 88%, пептидов ~ 7%, ферментов 1–2%. Характер токсич. действия определяют в осн. полипептиды и биогенные амины. При поражении ядом шершней характерны геморрагия и гемолиз, что связывают с нек. иным соотношением компонентов.

Табл. 3.– ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЯДОВ ПЧЕЛ, ОС И ШЕРШНЕЙ

Тип компонента	Пчелы	Осы	Шершни
Биогенные амины	Гистамин (дофамин и норэпинефрин в тонин незначит. кол-ве)	Гистамин, серотонин, дофамин, ацетилхолин	Гистамин, адреналин, норэпинефрин, дофамин, серотонин, ацетилхолин
Полипептиды	Мелиттин, апамин, МСД-пептид*, терпаллин, секапин (гистаминсодержащие тетра- и пентапептиды – минорные компоненты)	Кинины, МСД-пептид*, нейротоксин, гемолитин, белок полипептида – минорные компоненты	Кинины, нейротоксины
Ферменты	Фосфолипаза А, гиалуронидаза, кислая фосфатаза	Фосфолипаза А, гиалуронидаза, ДНК-азы	Фосфолипазы А и В, гиалуронидаза, протеазы, ДНК-азы

*Вызывает дегрануляцию тучных клеток.

Группа ядов жуков включает самый мощный зоотоксин – одноцепочечный полипептид диамфотоксин (мол. м. 60 тыс.; ЛД₅₀ 0,000025 мг/кг, мыши, в/в), содержащийся в личинках листоде-диамфидий (*Diamphidia locusta* и *D. nigro-ornata*; распространены в Африке). В концентрации 5·10⁻¹¹ моль/л диамфотоксин вызывает гемолиз отмытых эритроцитов, что, возможно, обусловлено образованием в мембране каналов для малых ионов (K⁺, Na⁺). При введении животным вызывает внутрисосудистый гемолиз, сопровождающийся интенсивной гемоглобинурией, развитием нефрита; гемолитич. анемия приводит к адинамией животных, резкому падению мышечного тонуса и параличам. Ядовитые св-ва личинок диамфидий давно известны бушменам, к-рые использовали их для приготовления яда для стрел (одной стрелой можно убить жирафа массой до 500 кг).

Многие жуки, напр., колорадский (*Leptinotarsa decemlineata*), имеют гемолимфу, токсичную для насекомых и млекопитающих. Так, токсич. доза гемолимфы колорадского жука для мышей ~ 5 мл. У животных наблюдаются контрактура мышц в месте инъекции, снижение двигат. активности и угнетение внеш. дыхания; перед смертью развиваются судороги, вращат. движение. Активное начало гемолимфы – белок лептинотарзин (мол. м. ~ 50 тыс.), устойчивый к действию протеолитич. ферментов и действующий in vitro на нервно-мышечные окончания.

Основные активные компоненты ядов кишечнорастворимых (медузы, коралловые полипы; табл. 4) – в-ва белковой природы (нейро-, кардио-, гемо- и цитотоксины, ферменты, гистаминолибераторы, в-ва кининоподобного дей-

Табл. 4.– ТОКСИЧНОСТЬ БЕЛКОВЫХ КОМПОНЕНТОВ ЯДОВ КИШЕЧНОРАСТВОРИМЫХ И НАТИВНОГО ЯДА ФИЗИЛИИ

Вид животного	Компонент или нативный яд	Мол. м. (число аминокислотных остатков)	ЛД ₅₀ мг/кг (мыши, в/в)
Морская крапива <i>Chrysaora quinquecirrha</i>	Белок	~ 150 000	0,3
Корнеротая медуза <i>Stomolophus meleagris</i>	Белок	~ 300 000	0,03
Медуза <i>Cyanea capillata</i>	Смесь белков	~ 70 000	0,7
Актиния <i>Anemonia sulcata</i>	Нейротоксин AS ₂	4483 (46)	0,02
Актиния <i>Anthopleura xanthogrammica</i>	Нейротоксин AX ₁	5138 (49)	0,066
Мадрепоровые кораллы <i>Goniopora sp.</i>	Нейротоксин AX ₂	5725 (51)	0,008
Мадрепоровые кораллы	Белок	12 000	0,3
Сифонофора физалия <i>Physalia physalis</i>	Нативный яд	—	60

ствия). Обладая сложным составом, эти нативные яды имеют очень широкий спектр токсич. действия.

Яды медуз помимо токсичных белков содержат также биогенные амины, ферменты, простагландины (напр., морская крапива *Chrysaora quinquecirrha*), кининоподобные в-ва, углеводы, гистаминолибераторы. Минорные компоненты ядов полипов – фосфолипаза А (*Aiptasia*), ингибиторы протеаз (*A. sulcata*), полипептиды с антигистаминной активностью (*Tealia felina*), антикоагулянты (*Rhodactis howesi*). Нек-рые виды кораллов (*Gorgonaria*, *Zoantharia*) содержат в качестве активных компонентов в-ва небелковой природы (в частности, палитоксин, см. ниже).

Яды кишечнорастворимых содержатся в стрекательных клетках (нематоцитах, или киндобластах), что осложняет изучение и характеристику нативного яда. Обычно их описывают как бесцв. подвижные жидкости, теряющие активность при напр., обработке орг. р-рителями и окислителями. Нативным ядам обычно свойственны местное (сильная боль, воспаление, иногда некроз тканей) и общетоксич. действие (нарушение сердечной деятельности и дыхания, судороги, кровоизлияния и др.). Лечение обычно симптоматич. В случае «ожогов» от морских ос используют сыворотку и мазь.

Действующее начало яда брюхоногих моллюсков рода конус (*Conus*) – пептиды с нейротропной активностью (табл. 5). Относительно подробно изучены пептиды (конотоксины) яда *C. geographus*. Они содержат 13–15 аминокислотных остатков с двумя дисульфидными связями, мол. м. 1500–2000. Конотоксины по характеру действия подобны постсинаптическим токсинам змей, но почти на порядок превосходят их по токсичности. В токсич. дозах вызывают у мышей вялый паралич и смерть от остановки дыхания.

Табл. 5.– ТОКСИЧНОСТЬ НАТИВНЫХ ЯДОВ КОНУСОВ И ИХ ТОКСИНОВ

Продукт	Нативный яд или белок	ЛД ₅₀ , мг/кг (мыши, в/в)
<i>C. geographus</i>	Нативный яд	0,25–2,5*
То же	Конотоксин I (мол. м. 2000)	0,01
<i>C. striatus</i>	Нативный яд	2,3
<i>C. californicus</i>	Экстракт ядовитого протока**	2,4
То же	Белок	0,5

*Зависит от способа выделения яда. **В состав входит минорный компонент (видимо алкалоид) с холиномиметич. активностью.

У человека укулы конусов вызывают сильную боль; в дальнейшем наблюдаются онемение мышц рта и конечностей, расстройства зрения и слуха, слюно- и слезотечение, паралич дыхания; возможен смертельный исход. Лечение – симптоматическое.

Яды бесхвостых амфибий (*Anura*) изучены лучше, чем яды конусов. Помимо белков с гемолитич. активностью, опиоидных пептидов, бради- и тахикининов кожные секреторные амфибий содержат нейротоксичные алкалоиды и кардиотоксичные стероиды (см. ниже).

В группе активных пептидов особый интерес представляют тахикинины (содержатся в ядах свистунов из рода *Physalactus*, австралийских жаб из рода *Ureoleia*, квакиш из рода *Nyala*, жерлянок из рода *Bombina* и др.), к-рые подобно брадикинину (см. Кинины) вызывают расширение кровеносных сосудов и падение артериального давления, но в отличие от последних приводят также к быстрому сокращению внесосудистой мускулатуры.

Из кожи *Phyllomedusa sauvagei* выделен новый класс сильных опиоидных пептидов – дерморфинов. Анальгетич. активность дерморфина $\text{Tyr}-\text{D-Ala}-\text{Phe}-\text{Gly}-\text{Tyr}-\text{Pro}-\text{Ser}-\text{NH}_2$ в 11 раз выше, чем у морфина. Дерморфин – уникальный пример включения D-аминокислоты (D-аланина) в природную пептидную цепь.

Яды активно- и пассивно-ядовитых рыб и их активные белковые компоненты обладают относительно невысокой токсичностью для теплокровных. Напр., LD_{50} (мг/кг, мыши, в/в) нативных ядов: крылатка *Pterois volitans* – 1,1; скорпена *Scorpaena guttata*, морские дракончики (*Trachinidae*), скат-хвостокол *Urolophus halleri* – 30; токсичных белков: крылатка (фракция с мол. м. 50–800 тыс.) – 0,9; бородавчатковые *Synanceiidae* (фракция с мол. м. 150 тыс.) – 0,2. Тем не менее яды активно-ядовитых рыб имеют токсикологич. значение, т.к. поражения ими купающихся и ныряльщиков достаточно часты (у побережья США за год до 750 случаев поражений скатом-хвостом). Помимо токсичных белков в состав ядов обычно входят биогенные амины и ферменты (напр., холинэстераза – у дракончика, гиалуронидаза – у бородавчатковых, 5'-нуклеотидаза и фосфодиэстераза – у ската *U. halleri*).

Симптомы поражения при уколах активно-ядовитых рыб: сильная местная боль; в нек-рых случаях (напр., при уколах бородавчатковых и крылаток) – отек и некроз; часто наблюдаются затруднение дыхания, судороги или параличи, кома. При поражении ядом бородавчатковых, скатов, скорпеновых возможен смертельный исход. Лечение – симптоматическое; для частичного снятия боли рекомендуют горячую ванну.

Токсичные белки содержатся также в ядах невооруженных червей немертин (напр., слизистый секрет *Cerebratulus lacteus* содержит нейро- и цитотоксины), головоногих моллюсков (осьминоги *Eledone moschata* и *E. aldrovandi* продуцируют нейротоксин элэдозин – ундекапептид, C-концевая последовательность к-рого имеет сходство с в-вом Р-медиатором болевой импульсации в спинном мозге), чешуекрылых [напр., пептид кайин (мол. м. 1000) бабочки медведицы токсичен для насекомых и теплокровных], полхит и нек-рых др. видов животных, не имеющих существ. токсикологич. значения.

Яды небелковой природы формально делятся на 2 группы: 1) физиологически активные, но относительно низкотоксичные в-ва – минорные компоненты ядов белковой природы и

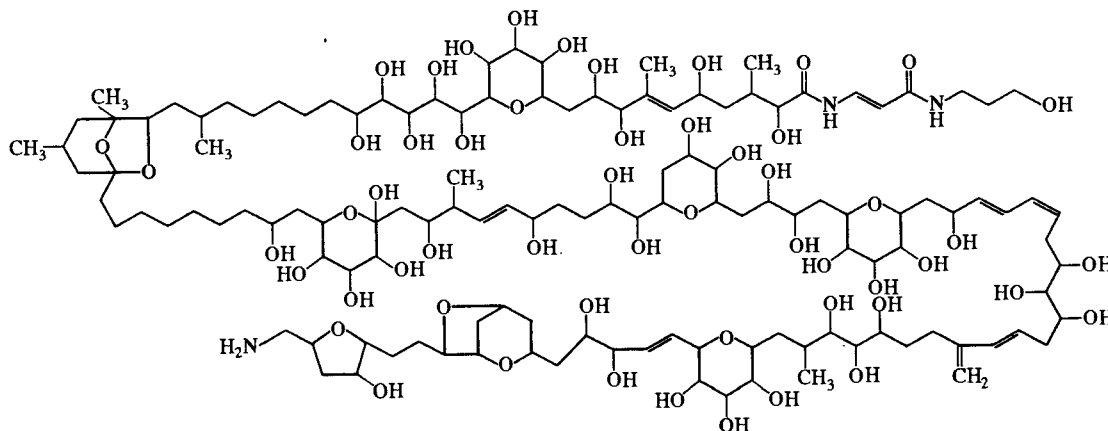
Табл. 6. – НЕКОТОРЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НЕБЕЛКОВОЙ ПРИРОДЫ, ВХОДЯЩИЕ В СОСТАВ ЯДОВ ЖИВОТНЫХ

В-во или класс соединений	Животное
Биогенные амины	Муравьи, бабочки-пестрянки, амфибии, скорпионы, пауки, пчелы, кишечнополостные и др.
Серная к-та H_2SO_4 Синильная к-та HCN	Моллюски Бабочки-пестрянки, многоножки <i>Apheloria</i> Муравьи
Карбоновые к-ты RCOOH ($\text{R} = \text{H}$, орг. радикал C_1-C_4)	Моллюски (<i>Murex brandaris</i> , <i>M. fulvescens</i> и др.), каменные окуни
Сложные эфиры $\text{RCOO}(\text{CH}_2)_n\text{N}(\text{CH}_2)_3$ ($\text{R} = \text{CH}_2 = \text{CH}$, $(\text{CH}_2)_2\text{C} = \text{CH}$ и др.)	Моллюски семейства <i>Turbinidae</i> , амфибии
Аммониевые соли $[\text{RN}(\text{CH}_2)_3]^+\text{Cl}^-$ $[\text{R} = \text{CH}_2\text{S}(\text{CH}_2)_3, (\text{CH}_2)_2\text{S}^+(\text{CH}_2)_3, \text{Ag}(\text{CH}_2)_2 \text{ и др.}]$	Пауки <i>Atrax robustus</i>
γ -Аминомасляная к-та $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Жуки-бомбардиры, многоножки
Гидрохиноны, хиноны, фенолы, камфороподобные в-ва, хиназолиноны	Морские звезды, голотурии
Сапонины	Амфибии
Нейротоксич. алкалоиды, кардиотоксич. стероиды	Вооруженные немертины
Конденсир. азотсодержащие гетероциклы	Муравьи (<i>Myrmica natalensis</i> , <i>Solenopsis richeri</i> , <i>Pheidole palliox</i>)
Монотерпены, диалкилпиридины, производные пирразина, нидолы	Губки, моллюски
Фурановые, гидрохиноновые и изовитрильные сесквитерпеноиды	Губки
Ароматич. бромиды	Коралловые полипы
Полиолы, включающие тетрагидропиранные и фурановые циклы	

основные составляющие многокомпонентных ядов небелковой природы; 2) высокотоксичные в-ва, определяющие токсичность и характер физиол. действия нативного яда (их принято наз. «токсины»).

Многие соед. первой группы (ацетилхолин, гистамин, катехоламины, производные индола и др.; табл. 6) встречаются как в организме продуцента яда, так и реципиента. Токсич. эффект этих соед. обусловлен избыточностью их концентраций после попадания в организм реципиента и наложением эффектов поражения разл. биоминерной. Соед. второй группы обычно относятся к ксенобиотикам, т.е. чужеродным для реципиента в-вам. Наиб. активные представители рассмотренные ниже.

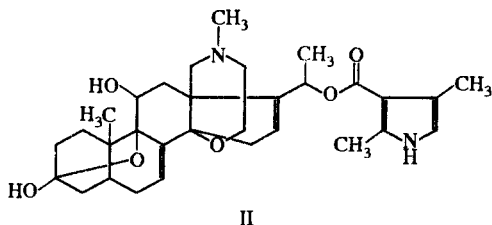
Палиитоксин (ф-ла I) содержится в шестилучевых кораллах зоонтариях (*Polythoa toxica*, *P. tuberculosa*, *P. caribaeensis* и др.); возможно, продуцируется вирусом, находящимся в симбиозе с зоонтариями. Аборигены острова Таяти и Гавайских островов издавна использовали зоонтарии (наиб. токсичны женские особи со зрелыми яйцами в мае – сентябре) для приготовления отравленного оружия. Аморфное гигроскопичное бесцв. в-во; ограниченно раств. в ДМСО, пиридине и воде, плохо – в спиртах; не раств. в ацетоне, эфире



I

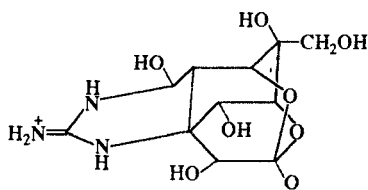
и CHCl_3 ; разлагается при $\sim 300^\circ\text{C}$; теряет активность в сильно кислых и щелочных средах. Высокотоксичен для теплокровных: морские свинки, крысы, обезьяны – LD_{50} $(0,8-1,1) \cdot 10^{-4}$ мг/кг, в/в; кролики – $0,2 \cdot 10^{-4}$ мг/кг, в/в; для человека, видимо, смертельные дозы $(0,1-0,2) \cdot 10^{-4}$ мг/кг, в/в. Обладает кардиотоксич. действием. Гибель животных наблюдается через 5–30 мин в результате сужения коронарных сосудов и остановки дыхания. Вероятно, механизм действия обусловлен его прочным связыванием с Na,K-ATP-азой клеток нервной ткани, сердца, эритроцитов. Образующиеся в местах связывания в цитоплазматич. мембранах поры приводят к потере клетками ионов K^+ и Ca^{2+} и их гибели. Симптомы поражения частично снимаются введением животным папаверина, аденозина и кортикостероидов (все вызывают накопление в клетках цикло-АМФ).

Батрахотоксин (II) содержится в кожных железах бесхвостых земноводных-древолазов из рода *Phylllobates*. Кристаллы, раств. в полярных орг. р-рителях; разлагается в сильнощелочных средах. LD_{50} 0,002 мг/кг, мыши, подкожно (летальный исход через 8 мин). Обладает сильным кардиотоксич. действием, вызывая экстрасистолии и фибрилляцию желудочков сердца; свойственно также паралитич. действие на дыхат. мускулатуру, сердечную мышцу и мышцы конечностей. Стойко и необратимо повышает проницаемость покоящейся мембраны для ионов Na^+ , блокирует аксональный транспорт. Антидоты не найдены; сильный антагонист – тетродотоксин.



II

Тетродотоксин (III) содержится в коже и яйцах жаб из рода *Atelopus*, яйцах калифорнийского тритона (*Taricha torosa*), спонных железах осьминога (*Napalochlaena maculosa*), моллюсках (*Charonia saulinae* и *Babylonia japonica*), яичниках и печени рыб-иглобрюхов (*Fugu ocellatus obscurum*, *F. niphobles* и др.). Бесцв. кристаллы, т. пл. 225°C (с разл.); плохо раств. в воде, лучше – в подкисленных р-рах. LD_{50} 0,008 мг/кг, мыши, в/бр (примерно в таких же дозах летален для человека). Обладает мощным нейротоксич. (избирательно блокирует Na -каналы в мембранах нервных окончаний) и гипотензивным действием. Используется в исследоват. практике (изучение мембранной проводимости, строения рецепторов и плотности ионных каналов); в ряде стран на его основе производятся обезболивающие препараты.



III

Жабы *Atelopus chiriquiensis* продуцируют структурный аналог тетродотоксина – чирикитоксин (содержит неидентифицир. радикал с мол. м. ~ 100 вместо группы CH_2OH). Блокирует также K -каналы возбудимых мембран.

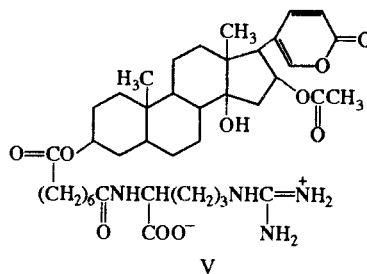
Пумилиотоксины содержатся в кожных железах бесхвостых земноводных-древолазов *Dendrobates pumilio* и *D. auratus* (кожная слизь использовалась в Панаме как яд для стрел). Выделены и изучены три токсина [A, B (ф-ла IV) и C]. Обладает относительно невысокой токсичностью [для мышей LD_{50} мг/кг, подкожно: 2,5(A), 1,5(B), 20(C)]. В токсич.

дозах вызывают нарушения координации движений, судороги, неполный паралич конечностей. Механизм действия связан с облегчением перехода Ca^{2+} через мембраны и сопряжением процесса возбуждения с сокращением мышц и секрецией медиаторов.

Кардиотонич. стероиды ядов жаб присутствуют в яде в качестве свободных (буфогенинов) и связанных (буфотоксина) агликонов (генинов) – производных пергидропента(а)фенантрена. Буфогенины делятся на буфаденолиды (C_{24} -стероиды) и карденолиды (C_{23} -стероиды). Последние по структуре близки агликонам гликозидов сердечных. Большинство кардиотонич. стероидов обладает сравнительно высокой токсичностью, LD_{50} (кошки, в/в) от 0,01 до 0,1 мг/кг.

Характерные особенности действия ядов жаб: усиление деятельности сердца, стимулирование дыхания, холинергич. эффекты (напр., при введении буфалина наблюдаются судороги на фоне увеличения содержания в мозге ацетилхолина). Исследуются также радиозащитное и антибластич. св-ва ядов жаб.

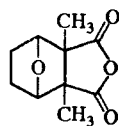
Буфотоксин (V) содержится в кожном секрете обычных жаб. Кристаллы горького вкуса, т. разл. 204°C , ограниченно раств. в полярных р-рителях, воде. Содержит в качестве генина буфаденолид буфоталин. В токсич. дозах вызывает у кошек повышение артериального давления, учащение пульса, судороги, фибрилляцию желудочков сердца. Кардиотонич. действие м. б. связано с ингибированием активности транспортной АТФ-азы (подобно действию сердечных гликозидов). Полагают, что помимо прямой защитной ф-ции вида может играть роль феромона тревоги.



V

Самандарин (VI) – активное начало кожного секрета саламандры (минорные компоненты яда – др. стероидные алкалоиды, серотонин, гемолитич. белки). Кристаллы, раств. в этаноле, подкисленной H_2O ; из р-ров осаждаются солями аммония и фосфорномолибденовой к-той. LD_{50} мг/кг, подкожно: 3,4 – мыши, 1,0 – кролики. В токсич. дозах вызывает у животных возбуждение, судороги, нарушение сердечной деятельности; смерть наступает от остановки дыхания. С. обладает также сильным местноанестезирующим действием. Полагают, что основные симптомы поражения обусловлены прямым действием на центр. нервную систему и спинной мозг.

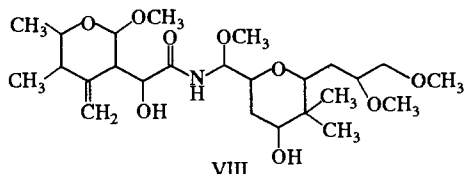
Кантаридин (VII) содержится в жуках-нарывниках (сем. *Meloidae*), напр. в испанской мушке (*Lytta vesicatoria*). Кристаллы, т. пл. 218°C ; плохо раств. в воде, хорошо – в жирах и маслах; LD_{50} для кошек и собак 1 мг/кг, в/в; для человека при приеме внутрь смертельная доза 40–80 мг. Обладает кожно-нарывным и афродизирующим действием (вызывающим половое возбуждение); при попадании капель гемолимфы жуков-нарывников на кожу поражаются устья фолликул с образо-



VII

ванием крупных волдырей: в случае поражений обширных участков кожи или попадании ядра ртут ос возможны гломерулонефриты и циститы; развиваются параличи. Лечение – симптоматическое.

Педерин (VIII) содержится в гемолимфе жуков стафилинов-синекрылов (Paederus). Подобно кантаридину обладает кожно-нарывным действием, вызывая папулезный дерматит, с поражением глубоких слоев кожи. Пищевые отравления П. приводят к развитию энтеритов (часто наблюдаются у жителей Маршалловых о-вов при употреблении инфицированного синекрылами пальмового вина; отмечались также в Нижнем Поволжье, Бразилии, Алжире).



Аплизиатоксины содержатся в секреторной жидкости ядовитых брюхоногих моллюсков – морских зайцев (семейство Aplysiidae). Наиб. интерес представляют аплизиаксин (IX; R = Br) и дебрамаплизиаксин (IX; R = H), впервые выделенные в виде смеси соед. (ЛД₅₀ для мышей 0,3 мг/кг, в/бр). Оба соед. – кристаллы, ограниченно раств. в полярных орг. р-рителях. Введение животным вызывает нарушение координации движений, судороги, остановку дыхания. У людей, работавших с экстрактами токсинов, наблюдались отеки слизистых носа и полости рта, а также образование медленно заживающих язв на коже.

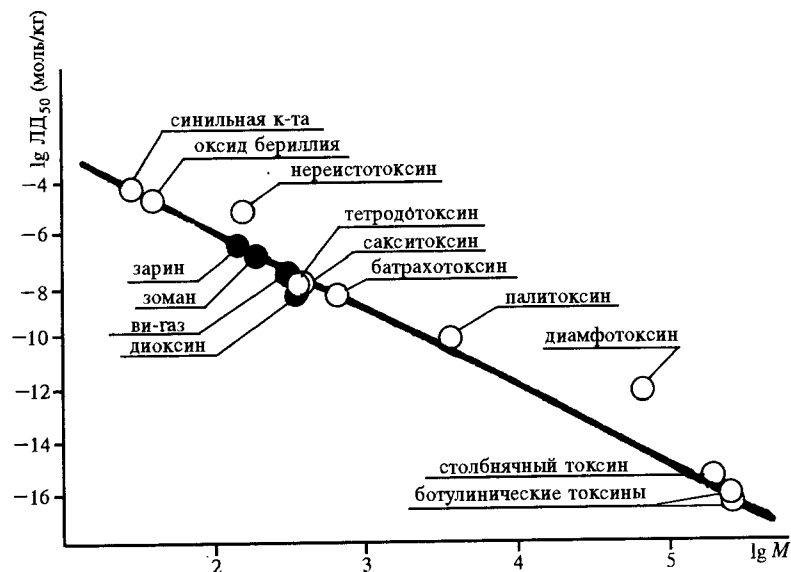
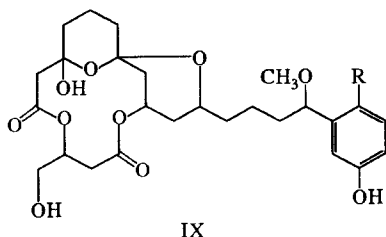


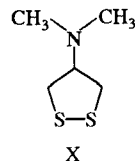
Табл. 7. – СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ТОКСИНОВ ЖИВОТНЫХ

Токсин	Продуцент	ЛД ₅₀ , мг/кг (мыши) ^а
Диамфотоксин	Личинки жука <i>Diamphidia locusta</i>	0,000025 (в/м)
Палитоксин	Коралловые полипы <i>Polithoa toxica</i>	0,00015 (в/бр)
Батрахотоксин	Кожный секрет бесхвостых земноводных рода <i>Phyllobates</i>	0,002 (п/к)
Тайптоксин (тайлотоксин)	Змея-тайпан <i>Oxyuranus scutellatus</i>	0,002 (в/м)
Тетродотоксин	Рыба-иглобрюх <i>Fugu</i> , моллюск <i>Babylonia japonica</i> , жаба <i>Atelopus varius</i>	0,008 (в/бр)
Титьютоксин	Скорпион <i>Androctonus australis</i>	0,009 (в/м)
Чирикитоксин	Жаба <i>Atelopus chiriquiensis</i>	0,01 (в/м)
Конотоксин I	Моллюск <i>Conus geographus</i>	0,012 (в/бр)
Нейротоксин II	Кобра <i>Naja oxiana</i>	0,084 (в/бр)
Токсин	Морской еж <i>Triplacustes gratilla</i>	0,09 (в/б)
α-Латротоксин	Каракрут (под <i>Latrodectus</i>)	0,045 (в/бр)

* В/м – внутримышечно; в/в – внутривенно; в/бр – внутривбрюшинно; п/к – подкожно.

Сравнение токсичности разл. ядов. Анализ данных по острой токсичности в-в природного происхождения (см. табл. 7, а также *Токсины, Яды растений*) позволяет сделать два вывода: 1) каждой выборке в-в с сопоставимыми значениями мол. масс соответствует нек-рое предельное значение миним. токсичных доз; 2) для совокупности наиб. токсичных в-в природного и синтетич. происхождения наблюдается прямая зависимость токсичности соед. от их мол. масс (рис.).

Применение ядов. Я. ж. используют в качестве лек. средств (напр., препараты на основе ядов пчел и змей традиционно применяют как обезболивающие и противоспазмат. средства; на основе ядов жаб издавна готовят стимуляторы сердечной деятельности, средства для лечения кровоизлияний и язв), в эксперим. терапии для диагностики и моделирования нек-рых заболеваний (нервной и сердечно-сосудистой систем, системы крови и др.), в н.-и. практике при изучении механизмов проведения нервного импульса, строения мембран клеток, мембранной проницаемости и др. На основе продуцируемого полихетами нерейстотоксина (X), обладающего сильным нейротоксич. действием по отношению к насекомым, синтезирован и производится в пром. масштабе инсектицид падан – 1,3-бис-(карбамоилтио)-2-N,N-диметиламинопропан (CH₃)₂NCH(CH₂SCONH₂)₂.



Лит.: Орлов Б. Н., Гелашвили Д. Б., Зоотоксикология, М., 1985; Natural toxins, Proc. 6-th Int. symp. on animal, plant and microbial toxins (Uppsala, 1979), Oxf., 1980; Habermehl G., Gifttiere und ihre Waffen, Einführung für Biologen, B.-[a. o.], 1983; Natural toxins. Animal, plant and microbial, ed. by J. B. Harris, Oxf., 1986.

Г. И. Дрозд.

ЯДЫ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ, в-ва, воздействие к-рых на катализаторы приводит к снижению их активности вплоть до полной дезактивации (т. наз. отравление катализаторов). Причина отравления – взаимодей. Я. к. с активными центрами катализаторов или мех. экранирование последних. Молекулы Я. к. могут, напр., хемосорбироваться на пов-сти гетерогенных катализаторов, образовывать прочные координац. соед. с металлокомплексными катализаторами или солеподобные соед. с кислотно-основными. По характеру действия различают обратимые и необратимые Я. к. К обратимым Я. к. относятся те, к-рые позволяют регенерировать катализатор и восстановить его каталитич. активность.

Особенно чувствительны к отравлению катализаторы, содержащие восстановленные металлы или ионы металлов в низких степенях окисления. Напр., гетерогенные Ni-, Pt- и Pd-ката-

лизаторы гидрирования и дегидрирования теряют активность под действием следов соед. серы (H_2S , RSH , RSR'), а также орг. соед. Р или As, имеющих своб. электронную пару, или их гидридов. Установлено, что соед. неметалла, являющееся Я. к., накапливается на пов-сти гетерогенного катализатора, активность к-рого уменьшается почти линейно с повышением кол-ва яда.

Гомогенные металлокомплексные катализаторы, обычно представляющие собой металлоорг. соед., содержащие ионы металлов в низкой степени окисления, наиб. легко отравляются такими Я. к., как O_2 и H_2O . Закрепление катализаторов на носителях во мн. случаях защищает их от отравления; так, $AlCl_3$, закрепленный на полистироле, в отличие от самого $AlCl_3$, практически не чувствителен к влаге, а фосфинные комплексы $Rh(I)$, неустойчивые в присут. O_2 , при закреплении на носителе стабильны на воздухе в течение длит. времени.

Для кислотных катализаторов ядами являются основания, в т. ч. азотистые, для основных – к-ты.

Действие Я. к. очень часто проявляется неодинаково для разл. р-ций, протекающих на данном катализаторе. Поэтому возникает возможность применения т. наз. селективного отравления для повышения избирательности действия катализатора. Напр., селективное отравление серебряных катализаторов соед. галогенов приводит к тому, что полное окисление этилена до CO_2 и H_2O подавляется существенно сильнее, чем образование этиленоксида. В этом случае говорят о модифицировании катализатора. Иногда одно и то же в-во при одних концентрациях и т-рах ведет себя как промотор, а при других – как Я. к.

Для мн. гетерогенных катализаторов характерно неспецифич. отравление, возникающее вследствие блокировки активных центров их пов-сти отлагающимися на ней в-вами. Такая блокировка наиб. резко выражена у пористых катализаторов из-за экранирования устьев пор ядами. Наиб. частый вид блокировки – зауглероживание (закосовывание) пов-сти при проведении разл. р-ций, в частности крекинга. Регенерировать такие катализаторы удается, как правило, выжиганием и, при необходимости, послед. восстановлением; процесс возможен только для достаточно термостабильных катализаторов. Этот же прием м. б. использован и в случае отравления H_2S , PH_3 и др. Я. к., имеющими неподеленные электронные пары. Для регенерации применяют также промывку р-рителями, изменение степени окисления Я. к. и др. методы.

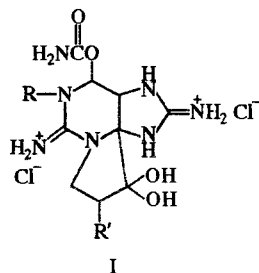
Высокая чувствительность катализаторов к Я. к. обуславливает жесткие требования к чистоте используемого в катализе сырья и к строгому соблюдению технол. параметров процесса.

Лит. см. при ст. Катализ, Катализаторы.

Г. В. Лисичкин.

ЯДЫ ПРОСТЕЙШИХ, токсичные в-ва небелковой природы, продуцируемые одноклеточными жгутиковыми (подкласс *Phyтомastigina*, отряд *Динофлагеллата*, роды *Gonyaulax*, *Gymnodinium*, *Peridinium*, *Gyrodinium*, *Noctiluca*, *Glenodinium*), содержащимися в нек-рых видах планктона.

При размножении динофлагеллят в воде скапливаются в-ва, окрашивающие воду в ржаво-красный цвет и обуславливающие известное с древнейших времен экологич. явление «красного прилива», сопровождающееся массовой гибелью рыб и др. морских организмов, а также массовыми отравлениями жителей стран, употребляющих в пищу морепродукты (яды накапливаются в моллюсках, рыбах и др. морских организмах).



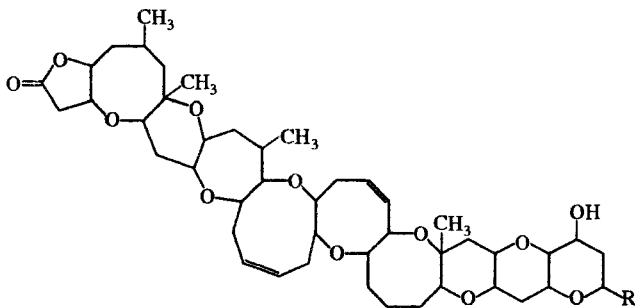
I

Наиб. изучен сакситоксин (продуцируют динофлагеллаты *Gonyaulax catenella*, а также синезеленые водоросли) и его аналог. Сакситоксин (ф-ла I; $R = R' = H$) – кристаллич. соед., раств. в метаноле, этаноле, не раств. в неполярных орг. р-рителях, устойчив

в кислых средах, разлагается в р-рах щелочей, устойчив до $\sim 110^\circ C$. LD_{50} $8 \cdot 10^{-3}$ мг/кг (мыши, подкожно), LD_{100} $4 \cdot 10^{-3}$ мг/кг (человек, перорально). Рыбы, моллюски и амфибии более устойчивы к его действию, чем теплокровные. Сакситоксин обладает нейротропной активностью; вызывает паралич дышат. мускулатуры, угнетение дышат. и сосудодвигат. центров. Первые симптомы отравления – онемение языка, губ, кончиков пальцев – проявляются спустя 30 мин после приема зараженной пищи. Далее развивается сердечно-сосудистая и дышат. недостаточность. Смерть наступает спустя 1–12 ч вследствие остановки дыхания. Лечение – симптоматическое (искусств. дыхание, analeптики, сердечно-сосудистые средства, щелочное питье). Токсич. действие обусловлено блокадой Na-каналов электровозбудимых мембран нервных и мышечных клеток. Токсин применяют для количеств. оценки плотности Na-каналов в мембранах клеток, при изучении строения каналов. Полученные данные использованы для создания новых высокоэффективных лек. препаратов, напр. местных анестетиков. Полагают, что сакситоксин можно применять как антибластич. средство.

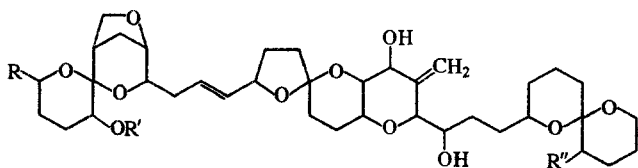
Неосакситоксин (I; $R = OH$, $R' = H$) и гониатоксин (II; ф-ла II; соотв. $R = H$, $R' = OSO_3^-$ и $R = OH$, $R' = OSO_3^-$) обладают несколько меньшей токсичностью; механизм действия, симптомы отравления, лечение поражений в осн. аналогичны сакситоксину.

Динофлагеллаты *Ptychodiscus brevis* продуцируют группу токсинов, из к-рых наиб. изучен и активен бреветоксин A [ф-ла II; $R = CH_2C(=CH_2)CHO$], действие к-рого обусловлено блокадой нервно-мышечной передачи. LD_{50} бреветоксина A (неочищенный препарат) 0,5 мг/кг (мыши, внутривенно). Симптомы отравления: слюнотечение, сильный насморк, самопроизвольная дефекация, вялый паралич мышц, заканчивающийся смертью от остановки дыхания.

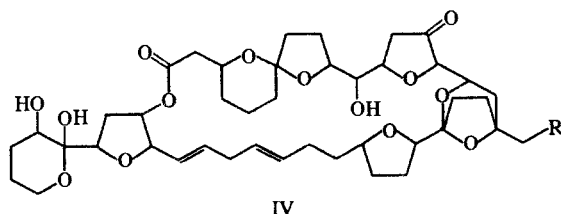


II

Из динофлагеллят *Dinophysis fortii*, *D. acuminata*, *Procen-trum lima* выделен ряд в-в, ответственных за отравления «диаретич. типа». Интоксикация сопровождается тошнотой, рвотой и очень сильными болями в области живота. Первые симптомы возникают спустя ~ 30 мин после приема зараженной пищи. Отравление вызывается окадаевой к-той [III; $R = CH_2CH(OH)COOH$, $R' = R'' = H$] и ее производными – динофизистоксинами I и III [ф-ла III; $R = CH_2CH(OH)COOH$, $R'' = CH_3$, соотв. $R' = H$ и $R' = ацил$], а также пектенотоксинами I и II (ф-ла IV; соотв. $R = OH$ и $R = H$). Все токсины этой группы высокоактивны; LD_{50} мг/кг (мыши, внутривенно): окадаевая к-та 0,12, пектенотоксины $\sim 0,25$. Динофизистоксины в дозах 0,03 мг вызывают тяжелую интоксикацию.



III



IV

Один из наиб. мощных Я. п. майтотоксин продуцируется динофлагеллятами *Gambierdiscus toxicus*. Из этих же флагеллят, а также внутренностей мн. видов рыб (напр., мурены *Lycodontis javanicus* и макрели *Scomberomorus commerson*) выделен несколько менее активный с и г у а т о к с и н и др. Я. п. Эта группа токсинов служит причиной периодич. массовых пищ. отравлений («сигуатера») жителей тропич. и субтропич. зон. Характерные признаки отравления: онемение языка и губ, сухость во рту, тошнота, боли в области живота и конечностей; в тяжелых случаях наблюдаются нарушение координации движений, параличи, кома и смерть.

Точная структура майтотоксина и сигуатоксина не установлена. Токсины имеют сходные структурные фрагменты. Мол. м. 1100–1500. ЛД₅₀ сигуатоксина разл. степени очистки 0,45–0,8 мг/кг (мышь, внутрибрюшинно); ЛД₅₀ майтотоксина ~ 0,0002 мг/кг (мышь, подкожно).

Сигуатоксин – липофильное соед., раств. в метаноле, петролейном и диэтиловом эфирах, хлороформе; не раств. в воде. Селективно действует на потенциалзависимые Na-каналы в нервных и мышечных клетках, а также в синаптической окончатости. В синапсах мозга стимулирует высвобождение нейромедиаторов – γ-аминомасляной к-ты и дофамина, действие на адренергич. нервные окончания связано с высвобождением катехоламина. Видимо, нарушения проницаемости мембран нервных клеток в значит. части имеют необратимый характер, т. к. повторные отравления обычно протекают в более тяжелой форме и чаще завершаются смертельным исходом.

Майтотоксин обладает мощным паралич. действием, обусловленным модификацией потенциалзависимых Ca-каналов, повышением концентрации Ca²⁺ внутри нервных клеток, спонтанным выбросом ацетилхолина и устойчивой постсинаптической деполаризацией.

Лит.: Yasumoto T. [a.o.], «Tetrahedron», 1985, v. 41, № 6, p. 1019–25; Shimizu Y. [a.o.], «J. Am. Chem. Soc.», 1984, v. 106, № 21, p. 6433–34. См. также лит. при ст. Яды животных. Г. И. Дрозд.

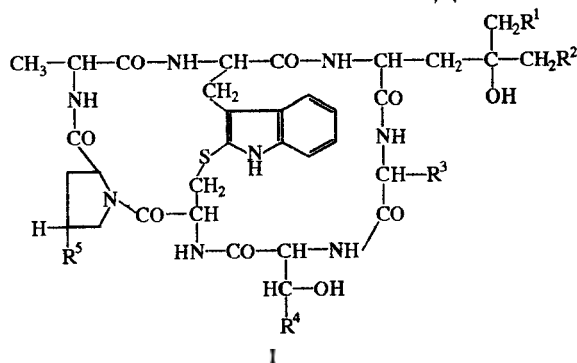
ЯДЫ РАСТЕНИЙ, представлены большим многообразием типов соед. (от простых, напр., HCN или FCH₂COOH, до белков и пептидов), обладающих разл. механизмами токсич. действия.

Я. р. белковой природы. Выделенные в индивидуальном состоянии и достаточно хорошо изученные соед. этой группы относительно немногочисленны. К ним в первую очередь относятся гликопротеины *рицин*, сходный с ним по строению и механизму действия абрин (выделен из тропич. растения абрус – *Abrus precatorius*, семейство бобовых; мол. м. 65 тыс.) и циклопептиды бледной поганки.

Яды грибов из рода мухомор (*Amanita*) – фаллотоксины и аматоксины (соотв. ф-лы I, II) – содержатся в разл. видах: бледной поганке (*A. phalloides*), мухоморе вонючем (*A. virosa*), весеннем (*A. verna*) и др. Молекулы этих соед. представляют собой бициклич. полипептиды, в к-рых мостик содержит фрагмент молекулы триптофана или его производных. Механизм токсич. действия аматоксинов у человека и животных связан с ингибированием ДНК-зависимой РНК-полимеразы (см. РНК-полимеразы); фаллотоксины необратимо связываются с примембранным актином, вызывая его полимеризацию, что приводит к нарушению мембран гепатоцитов (клеток печени). Для мышей ЛД₅₀ (в мг/кг) при пероральном введении (через рот) наиб. активных токсинов: 1 – α-аманитин, 3 – β-аманитин, 7 – γ-аманитин, 10 – фаллоин, 28 – фаллоидин. Для человека смертельная доза α-аманитина 5–7 мг, фаллоидина 20–30 мг (в одном грибе в среднем

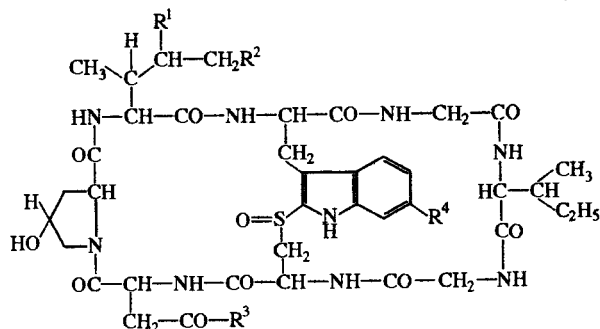
1049

34 Химич. энцикл., т. 5



I

	R ¹	R ²	R ³	R ⁴	R ⁵
Фаллоидин	OH	H	CH ₃	CH ₃	OH
Фаллоин	H	H	CH ₃	CH ₃	OH
Фаллизин	OH	OH	CH ₃	CH ₃	OH
Фаллаидин	OH	H	CH(CH ₃) ₂	COOH	OH
Фаллин В	H	H	CH ₂ C ₆ H ₅	CH ₃	H



II

	R ¹	R ²	R ³	R ⁴
α-Аманитин	OH	OH	NH ₂	OH
β-Аманитин	OH	OH	OH	OH
γ-Аманитин	OH	H	NH ₂	OH
ε-Аманитин	OH	H	OH	OH
Амания	OH	OH	OH	H
Аманулли	H	H	NH ₂	OH

содержится до 10 мг фаллоидина, 8 мг α-аманитина и 5 мг β-аманитина). Скрытый период действия 6–48 ч. Первичные симптомы отравления: рвота, кишечные колики, боли в мышцах, жажда, холероподобный понос; возможно проявление желтухи и увеличение печени. Происходят снижение артериального давления, потеря сознания. Смерть наступает в результате токсич. гепатита и острой сердечной недостаточности. Первая помощь: промывание желудка, прием активиров. угля, искусств. дыхание.

Токсичный гликопротеин фламмулин (мол. м. 22 тыс.) продуцируется зимним грибом (*Flammulina velutipes*). Его полипептидная часть содержит 192 аминокислотных остатка. Для мышей ЛД₅₀ при внутрибрюшинном введении (в/б) 2,4 мг/кг. Этот токсин обладает кардиотоксич. действием, вызывает лизис эритроцитов. Подобным действием обладает вольвотоксин А (ЛД₅₀ 1,2 мг/кг, мышь, в/б) – сложный полипептид, состоящий из вольвотоксинов А1 и А2 с мол. м. 45–50 тыс. и 24–25 тыс. соответственно, содержащийся в грибах вольвариелла съедобная (*Volvariella volvacea*).

Нек-рые микроскопич. грибы (см. Микотоксины) и водоросли также продуцируют токсичные пептиды. Напр., гриб из рода пеницилл (*Penicillium islandicum*) содержит цикло-

1050

пептид циклохлоратин (мол. м. 572; ЛД₅₀ 0,4 мг/кг, мыши, в/бр), обладающий гепатотоксич. действием, вызывающий респираторную недостаточность и геморрагии. поражения кишечника. Синезеленые водоросли *Microcystis aeruginosa* продуцируют микроцистистоксин, являющийся циклодекапептидом с мол. м. ок. 1200 и обладающий выраженным нейротоксич. действием (ЛД₅₀ 0,4 мг/кг, мыши, в/бр). Летальный исход наступает в течение 30 мин в результате остановки дыхания. В больших дозах этот токсин вызывает также кровоизлияния в легких и печени, обширные тромбозы.

Большая группа токсичных в-в белковой природы выделена из разл. видов семейства омеловых (*Dendrophthora clavata*, *Phoradendron* и др.), кротона (*Croton tiglium*), модеки и адении из семейства стратоцветных (*Modeca digitata* и *Adenia volkensii*), момордики, или индийского огурца, из семейства тыквенных (*Momordica charantia*), растения из семейства бобовых *Canavalia ensiformis* и др. высших растений.

Большинство токсичных в-в из омелы (денлатоксины А и В, лигатооксины А, форатоксин, вискотоксины А2 и В) представляет собой однопептидные полипептиды с мол. м. 4900–6000, содержащие в молекуле ок. 50 аминокислотных остатков и 3 дисульфидные связи (ЛД₅₀ 0,5–1,6 мг/кг, мыши, в/бр). Вискотоксины омелы белой (*Viscum album*) вызывают рефлекторную брадикардию, кардиотоксич. эффект, гипотензию, сужение сосудов кожи и скелетных мышц.

Токсины кротин I (из кротона слабительного) и момодрин (из индийского огурца) представляют собой полипептиды с мол. м. 72 тыс. и 23 тыс. соответственно. Продуцируемый стратоцветными модеки и волкензин – гликопротеины с мол. м. ок. 63 тыс. Все эти 4 токсина являются ингибиторами синтеза белка. Величины ЛД₅₀ (мг/кг, мыши, в/бр): для кротина – 1–36, для момодрина – 5, для модекина – 0,002, для волкензина – 0,0014.

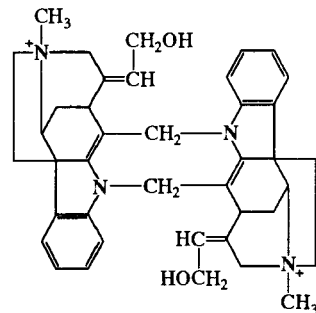
Я. р. небелковой природы. Среди этих в-в обычно выделяют 3 группы: 1) обладающие выраженной специфичностью действия и относительной общностью элементов структуры (напр., *алкалоиды*); 2) обладающие менее выраженной специфичностью действия, но большей универсальностью для растит. мира (напр., *гликозиды*, в первую очередь – *гликозиды сердечные* и *сапонины*); иногда в эту группу включают терпеноиды, *флавоноиды* и орг. к-ты; 3) остальные токсичные соединения, происхождения, обладающие разнообразием структурных типов и механизмов действия и практически не поддающиеся классификации.

Алкалоиды вырабатываются высшими, преим. цветковыми, растениями. Полагают, что присутствие ядовитых алкалоидов во мн. цветковых и бурное развитие последних в меловом периоде послужило причиной вымирания динозавров и др. травоядных рептилий. К числу наиб. токсичных относятся в осн. алкалоиды 3-х классов: индольные (напр., *стрихнин*, *курарин* и *физостигмин*), дитерпеновые (напр., *аконитин*) и пиридиновые (напр., *никотин*).

Стрихнин и бруцин содержатся в разл. видах представителей рода стрихнос, в т. ч. чилибухи (*Strychnos nux-vomica*). Стрихнин поражает в первую очередь спинной мозг, затем центр. нервную систему; в результате ухудшаются зрение, слух и обоняние, нарастают судороги; смерть наступает в результате паралича дыхат. центра. Для мышей ЛД₅₀ 0,4 мг/кг при внутримышечном введении (в/м); летальная доза для человека при пероральном введении – 200–300 мг. Для бруцина характерна курареподобная активность (см. *Курареподобные средства*); он примерно в 20 раз менее токсичен, чем стрихнин.

Группа кураринов включает неск. десятков токсичных алкалоидов, обладающих парализующ. активностью (продуценты – виды рода стрихнос *S. toxifera* и *S. lasteniae*). Наиб. сильный яд этой группы – С-токсиферин I (ф-ла III), проявляющий парализующее действие для теплокровных в дозах 10 мг/кг (в опытах на нервных клетках). Летальная доза для человека при внутривенном (в/в) введении ок. 20 мг.

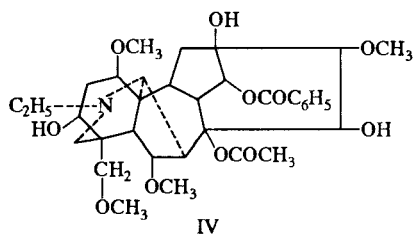
Аналогичным характером действия обладает тубокурарин – осн. действующее начало яда «кураре». Он менее токсичен, чем С-токсиферин I (ЛД₅₀ 0,2 мг/кг, мыши, в/м).



III

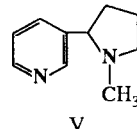
Физостигмин (эзерин; из плодов бобового растения физостигма ядовитая, или калабарские бобы, – *Physostigma venenosum*) и галантами (из клубней подснежников *Galanthus woronowii* и *G. nivalis*; см. *Амариллисовые алкалоиды*, *Антихолинэстеразные средства*) – ингибиторы холинэстераз. В больших концентрациях возбуждают и затем перевозбуждают парасимпатич. нервную систему. Смерть наступает в результате остановки дыхания (ЛД₅₀ 0,5 мг/кг, мыши, в/м).

Аконитин (IV) и близкий ему по св-вам зонгорин (ф-лу см. в ст. *Дитерпеновые алкалоиды*), содержащиеся в разл. видах аконита (*Aconitum soongaricum* и др.), обладают судорожно-паралитич. действием, к-рое обусловлено повышением проницаемости Na⁺ в мембранах нервных и мышечных клеток и их деполяризации. Симптомы тяжелого отравления: учащение и затем замедление дыхания, озноб, потовыделение, боль в области сердца и аритмия, паралич скелетных мышц, понижение т-ры тела. Смерть наступает в результате остановки сердца и паралича дыхания. ЛД₅₀ 0,035 мг/кг (собаки, в/в), летальная доза для человека при пероральном введении – 2–5 мг. Первая помощь: промывание желудка р-ром танина, прием активир. угля, теплое питье.



IV

Никотин (V; т. пл. < –30 °С, т. кип. 246 °С с разл., d₄²⁰ 1,014–1,015) вырабатывается корнями табачных растений. Бесцв. маслянистая жидкость, хорошо раств. в воде и орг. р-рителях. Блокатор н-холинорецепторов (чувствительны к никотину) в симпатич. и парасимпатич. ганглиях скелетных мышц. При остром отравлении наблюдаются тошнота, рвота и брадикардия, затем – тахикардия, судороги и угнетение (вплоть до полной остановки) дыхания. ЛД₅₀ 0,3 мг/кг (мыши, в/м).

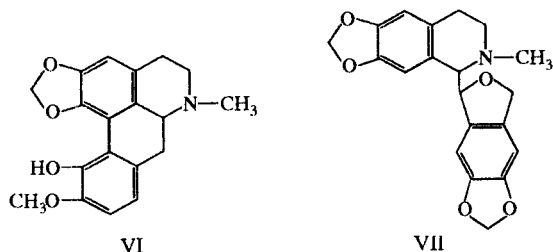


V

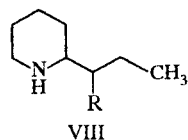
Козы и косули не восприимчивы к токсич. действию; летальная доза для человека при пероральном введении – 50–100 мг.

Растения семейства дымянковых *Fumariaceae* (хотлатка полая, хотлатка Горчакова, хотлатка Маршалла) содержат ядовитые алкалоиды группы бульбокапнина – бульбокапнин, бикукулин (соотв. ф-лы VI, VII) и др. Бульбокапнин оказывает влияние гл. обр. на центр. нервную систему. В небольших дозах он вызывает катаlepsию (вид двигат. расстройства), снижение артериального давления; в

больших (0,3–0,5 мг/кг, мыши) – судороги, заканчивающиеся смертью. Бикукулин – судорожный яд, блокирующий тормозные рецепторы γ -аминомасляной к-ты в нервной системе. При действии экстрактов, содержащих сумму алкалоидов дымянковых, наблюдаются угнетение центр. нервной системы, восковая гибкость мускулатуры, замедление сердцебиения и дыхания (вплоть до полной остановки). Первая помощь при отравлениях: промывание желудка, прием активир. угля, искусств. дыхание.



Алкалоиды группы кониина [кониин (VIII; R = H) конгидрин (VIII; R = OH) и др.], содержащиеся в болиголове пятнистом (*Conium maculatum* L.), являющиеся частыми причинами отравления домашнего скота и людей. При пероральном введении в дозах 50–150 мг они вызывают у человека восходящий паралич, тахикардию, остановку дыхания.

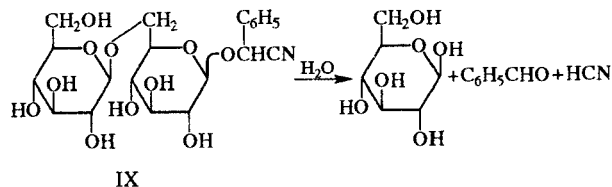


В сравнительно больших дозах тяжелые и смертельные отравления человека вызывают алкалоиды и др. групп. Напр., широко используемый в медицинской практике морфин вызывает летальный исход при пероральном введении 100–300 мг.

К Я. р., содержащим в молекуле остаток углевода, относятся гликозиды. В этом ряду выраженной физиол. активностью обладают сердечные гликозиды. В качестве агликона их молекулы содержат лактоны стероидной природы. Сердечные гликозиды продуцируются лютиковыми *Ranunculaceae*, норичковыми *Scrophulariaceae*, шелковицей *Moraceae* и др. В токсич. дозах (для кошек 0,1–1 мг, для человека 3–7 мг; в зависимости от способа введения) вызывают остановку сердца в фазе систолы. При тяжелых отравлениях наблюдаются тошнота, рвота, брадикардия, трепетание желудочков сердца. Многие гликозиды (напр., дигитоксин) обладают кумулятивными св-вами. Токсич. эффект обусловлен в осн. нарушением работы Na-K-насоса в миокарде, что приводит к дефициту внутриклеточного K^+ .

Другая группа активных гликозидов – сапонины, большинство из к-рых является гемолитич. ядами. Гемолиз у наземных позвоночных наблюдается при разведении $1:5 \cdot 10^4$ (для рыб при $1:10^6$). Сапонины продуцируются нек-рыми растениями семейств бобовых (*Abaceae*), сапотовых (*Sapotaceae*), астровых (*Asteraceae*), аралиевых (*Araliaceae*) и др. Тритерпеноидные сапонины раздражают слизистые, вызывают рвоту, понос, кровоизлияния, нарушения сердечно-сосудистой деятельности, одышку; угнетение центр. нервной системы обуславливает судороги и параличи. При высоких дозах возможна очень быстрая гибель человека или животного в результате паралича дышат. центра. специфич. высокая токсичность сапонинов по отношению к рыбам связана со способностью этих в-в нарушать функционирование жабр. Сапонин дигитонин используют в биохим. исследованиях для солиubilизации и реконструкции биол. мембран.

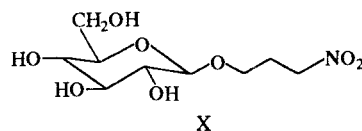
Третья группа Я. р. небелковой природы включает соед. разл. структурных типов. Простейшее ядовитое соед. HCN присутствует в растениях в связанной форме в виде цианогенных гликозидов (напр., амигдалин; ф-ла IX), к-рые высвобождают HCN в процессе ферментативного гидролиза после повреждения клетки:



Амигдалин присутствует в ядрах абрикосовых косточек. Употребление в пищу ок. 100 г ядрышек (1 г амигдалина) обычно вызывает у человека летальный исход (токсичность HCN обусловлена ее способностью образовывать комплекс с цитохромоксидазой и блокировать тем самым клеточное дыхание).

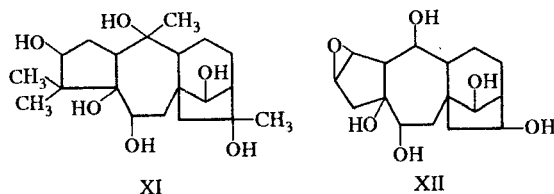
Другой простейший яд – фторуксусная кислота. В форме калиевой соли она содержится в тропич. растении дихапета-лум цимозный (*Dichapetalum symosum*). Токсичность этого соед. значительно различается для разных видов животных. Так, ЛД₅₀ (мг/кг) при пероральном введении для собак – 0,07, крыс – 7, лошади – 1, для человека – 2–10. В плодах произрастающего там же растения дихапета-лума ядовитого (*D. toxicarium*) содержатся менее токсичные к-ты – ω -фторолеиновая и ω -фторпальмитиновая. Местное население использовало эти яды для смазывания наконечников стрел и как отраву для крыс. Механизм токсич. действия фторуксусной к-ты связан с превращением ее в трикарбоновых кислот цикле во фторцитрат – мощный ингибитор фермента аконитазы, что обуславливает нарушение обмена в-в.

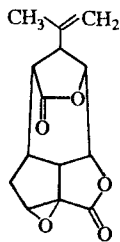
Часто причиной массовых отравлений и гибели домашнего скота является употребление им в пищу астрагала смертельного (*Astragalus miser*) из семейства бобовых, содержащего мизеротоксин (X) – β -гликозид нитропропанола. Считается, что токсин в результате гидролиза продуцирует 3-нитропропанол, к-рый поражает в головном мозге центры, ответственные за дыхание и мышечные сокращения.



Ядовитые св-ва зонтичных – цикуты (*Cicuta virosa*) и лабазника (*Oenanthe crocata*) обусловлены присутствием в них токсичных ацилиленовых диолов – цикутоксина $\text{HO}(\text{CH}_2)_3\text{C}\equiv\text{CC}(\text{CH}=\text{CH})_2\text{CH}(\text{OH})(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ и энантиотоксина $\text{HOCH}_2\text{CH}=\text{CHC}\equiv\text{CC}(\text{CH}=\text{CH})_2\text{CH}(\text{OH})(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$. Оба токсина быстро всасываются из пищеварит. тракта, оказывая судорожное действие на центр. нервную систему (в результате изменения проницаемости Na-каналов хемовозбудимых мембран). Признаки тяжелого отравления у человека: головная боль, рвота, боли в животе, озноб, слюнотечение, клонико-тонические судороги. Смерть наступает в результате остановки дыхания (у крупного рогатого скота – после поедания ок. 200 г растит. массы).

Группа токсичных дитерпенов (грайанотоксинов) содержат растения семейства рододендронов. Наиб. известные яды – грайанотоксин III (ф-ла XI) и родоспонин III (ф-ла XII) – нейротоксины, вызывающие повышение проницаемости мембран нервной-мышечной ткани для ионов Na^+ . Признаки отравления: слюнотечение, нарушение координации движений, судороги (ЛД₅₀ 0,4–0,6 мг/кг, мыши, в/бр).

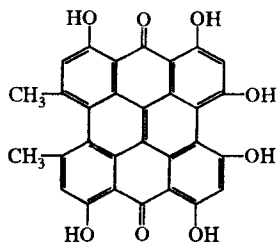




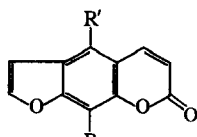
XIII

Пикротоксинин (XIII) – действующее начало яда растений семейства луносемянниковых (Menispermaceae) – антагонист γ -аминомасляной к-ты. Он обладает судорожным действием (ЛД₅₀ 0,03 мг/кг, крысы, в/в; 3 мг/кг, мыши, в/м).

Необычным действием обладают гиперин (XIV) из зверобоя пронзеннолистного (*Hypericum perforatum*), а также псорален (XV; R = R' = H), ксантотоксин (XV; R = OCH₃, R' = H) и бергаптен (XV; R = H, R' = OCH₃), встречающиеся в растениях семейства рутовых (Rutaceae), зонтичных (Umbelliferae), бобовые и туговые (Mogaseae). Эти в-ва накапливаются в коже и наружных тканях, делая их чувствительными к УФ и длинноволновому облучению. В результате на солнечном свете образуются дерматиты, очаги ожогового поражения и некролич. участки.



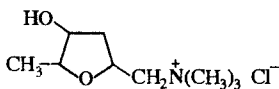
XIV



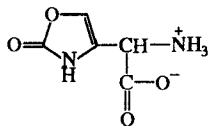
XV

Группу ядовитых в-в относительно простого строения содержат нек-рые виды высших грибов. Напр., мухомор красный (*Amanita muscaria*) продуцирует мускарин (XVI; т. пл. 181–182 °C), являющийся имитатором ацетилхолина по отношению к парасимпатич. постганглионарным синапсам (мускариночувствительным, или м-холинорецепторам). Мускарин снижает у человека артериальное давление (в дозах ок. 10⁻⁶ мг/кг), амплитуду и частоту сердечных сокращений; в больших дозах вызывает спазмы мышц, судороги, слюнотечение и коматозное состояние (ЛД₅₀ 0,2 мг/кг, мыши, внутривенно; 0,7 мг/кг для человека при пероральном введении).

Мухоморы *A. muscaria* содержат также мусказон (XVII), обладающий психогенным действием (вызывает у человека потерю памяти и ориентировки, расстройство зрения), а разл. виды строчков (напр., *Gyromitra esculenta*) – один из простейших ядов гиометрин CH₂CH=NN(CH₃)CHO, симптомы отравления к-рым такие же, как и при действии ядов бледной поганки.

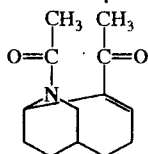


XVI

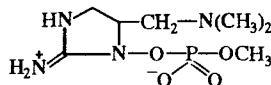


XVII

Из синезеленых водорослей выделены анабенатоксин (XVIII; быстродействующий смертельный фактор, или БДСФ) и анатоксин а(S) (XIX). Первый вызывает длит. постсинапсич. поляризацию синапсич. мембран и нейромитическую блокаду; смерть наступает от остановки дыхания (ЛД₅₀ ок. 0,1 мг/кг, мыши, в/бр), инкубационный период



XVIII



XIX

ок. 15 мин. Анатоксин а(S) обладает антихолинэстеразным действием и высокой токсичностью (ЛД₅₀ ок. 0,02 мг/кг, мыши, в/бр).

Я.р., являясь во мн. случаях источником опасности для человека и животных, как правило, не токсичны для представителей растит. мира. Большое число Я.р. (напр., многие алкалоиды, гликозиды, флавоноиды, сапонины) широко используют в мед. практике в качестве лек. ср-в. Многие Я.р. (напр., *тубокурарин*, *атропин*, *физостигмин*, *рицин*, *мускарин*) применяют в биохим. исследованиях.

Лит.: Горюнова С.В., Демин Н.С., Водородли – продуценты токсических веществ, М., 1974; Вассер С.П., в кн.: Актуальные вопросы современной ботаники, К., 1976; Барбье М., Введение в химическую экологию, пер. с франц., М., 1978; Харбори Д., Введение в экологическую биохимию, пер. с англ., М., 1985; Орлов Б.Н., Гелашвили Д.Б., Ибрагимов А.К., Ядовитые животные и растения СССР, М., 1990.

Г. И. Дрозд.

ЯНА-ТЕЛЛЕРА ЭФФЕКТЫ, совокупность квантовых эффектов, проявляющихся у многоатомных молекул при понижении симметрии ядерной конфигурации под влиянием электронно-колебательного взаимодействия. Если у молекулы существуют геом. конфигурации высокой симметрии, напр. конфигурации с осью симметрии третьего или более высокого порядка, то электронные состояния такой молекулы м. б. вырождены. Коррелированные движение электронов и колебания ядер могут привести к искажению конфигурации и понижению симметрии, при этом вырождение снимается и *поверхность потенциальной энергии* расщепляется на две (или более, в зависимости от кратности вырождения и типа искажения). В общем случае одна из потенц. пов-стей опускается ниже энергии высокосимметричной конфигурации, другая – поднимается выше. Это означает, что минимум на потенц. поверхности отвечает не наиболее высокой по симметрии конфигурации Q₀, а менее симметричной Q₁. Таких минимумов м. б. столько, сколько получено потенц. пов-стей из конфигурации Q₁ в результате операций симметрии, составляющих группу максимально высокого порядка, допустимого для данной молекулы (за исключением операций, отвечающих повороту системы как целого).

Обычно Я.-Т. э. рассматривают в т. наз. грубом приближении Борна – Опенгеймера (см. *Адиабатическое приближение*). В качестве причины расщепления потенц. пов-стей принимается изменение электронно-ядерного взаимодейств. при переходе от конфигурации Q₀ к конфигурации Q₁. В рамках более точного адиабатич. приближения снятие вырождения при переходе к низкосимметричной конфигурации является естественным и не связано с электронно-колебат. взаимодейств.

Г. А. Ян и Э. Теллер (1937) показали, что у многоатомной молекулы всегда найдется такое неполносимметричное колебание ядер, при к-ром электронная энергия вырожденного электронного состояния понижается, в результате чего минимум на потенц. пов-сти смещается к конфигурации ядер с более низкой симметрией. В этом заключается собственно Я.-Т. э. 1-го порядка: высокосимметричная конфигурация мол. системы при наличии электронного вырождения является неустойчивой и самопроизвольно деформируется. Волновые ф-ции и отвечающие им энергетич. состояния м. б. рассчитаны в рамках 1-го порядка *возмущений теории*. Так, для октаэдрич. комплексов переходных металлов искажение, ведущее к понижению симметрии двукратно вырожденного электронного состояния типа E, м. б. связано с его взаимодейств. с двукратно вырожденным колебат. уровнем e того же типа симметрии (см. *Симметрия молекул*). Для таких комплексов Я.-Т. э. проявляется в том, что у мол. системы существуют 3 эквивалентных минимума, отвечающих октаэдру, вытянутому (или сжатому) по одной из его 3 осей 4-го порядка. Если эти минимумы разделены невысокими барьерами, происходит туннельное расщепление энергетич. уровня. Между расщепленными уровнями возможны переходы, что проявляется в тонкой структуре оптич. спектров, изменении правил отбора, появлении новых линий в ИК спектре.

Если потенц. барьеры между минимумами достаточно высоки, то система, попав в один из них, будет находиться в нем продолжит. время; это т. наз. статич. Я.-Т. э., в отличие

от описанного выше «динамич.» эффекта. Обычно основное состояние молекулы невырождено, или, если вырождение есть, электронно-колебат. взаимод. не слишком велико и барьер между минимумами оказывается достаточно низким, т. е. имеет место динамич. Я.-Т.э. Статич. Я.-Т.э. наблюдают, как правило, только при воздействии на мол. систему внеш. полей. В частности, при кооперативном увеличении высоты барьеров в кристаллах минимум потенц. пов-сти отвечают такие конфигурации всей кристаллич. структуры, при к-рых вырождение для каждой отдельной молекулы или иона в кристалле снимается. Такое энергетически выгодное расположение локально искаженных фрагментов кристалла (в общем случае возникающее не только за счет Я.-Т.э.) м. б. разрушено тепловыми флуктуациями при повышении т-ры, что приводит, напр., к структурным фазовым переходам (т. наз. ян-теллеровские кристаллы). Для свободных молекул и мол. комплексов, т. е. в отсутствие внеш. воздействия, характерен именно динамич. эффект.

Электронно-колебат. взаимод. может быть достаточно сильным для того, чтобы даже в невырожденном основном электронном состоянии минимум на потенц. пов-сти сместился от наиб. симметричной конфигурации Q_0 к менее симметричной Q_1 . Такой эффект наз. псевдоэффектом Яна-Теллера или Я.-Т.э. 2-го порядка, поскольку для расчета волновых ф-ций и электронных энергий используется 2-й порядок теории возмущений. При достаточно слабом псевдоэффекте Яна-Теллера минимум, отвечающий конфигурации Q_0 , сохраняется, но потенц. пов-сть вблизи минимума становится более пологой. При сильном же псевдоэффекте минимум перемещается от конфигурации Q_0 к конфигурации Q_1 , причем Q_0 становится локальным максимумом (говорят о структурной неустойчивости конфигурации Q_0).

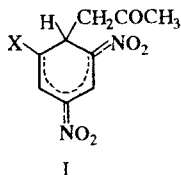
Для линейных многоатомных молекул с вырожденным электронным состоянием при деформационных колебаниях также возможно смещение минимума от линейной конфигурации (высокосимметричной) к менее симметричной изогнутой конфигурации; это т. наз. эффект Реннера-Теллера. Эффект м.б. слабым, тогда он проявляется лишь в том, что уменьшается силовая постоянная деформационного колебания линейной молекулы; сильный эффект приводит к нелинейной равновесной конфигурации молекул.

Экспериментально структурные и спектральные проявления Я.-Т.э. наблюдаются для нек-рых мол. кристаллов и кристаллов комплексов переходных металлов. С ним связывают, напр., подвижность координац. сферы $Cu(II)$ в керамиках, формирование винтовой структуры в кристаллах типа $CsCuCl_3$, структурные фазовые переходы в кристаллах, в т. ч. возникновение спонтанной поляризации в сегнетоэлектриках, особенности оптич. спектров, активацию молекул при их взаимод. с активными центрами катализаторов и др. С Я.-Т.э. связывают и ряд особенностей поведения молекул в биол. системах, в частности стереоспецифич. окисгенирование гемоглобина.

Лит.: Нокс Р., Голд А., Симметрия в твердом теле, пер. с англ., М., 1970; Берсукер И. Б., Эффект Яна-Теллера и вибрационные взаимодействия в химии, М., 1987. Н. Ф. Степанов.

ЯНОВСКОГО РЕАКЦИЯ, взаимодействие ароматич. соед., содержащих две нитрогруппы в *мета*-положении, с кетонами в присут. щелочей с образованием окрашенного продукта р-ции, напр. ф-лы I ($X = N$). Применяется для фотометрич. определения нитросоед., кетонов, кетостероидов, креатина и др. Предел обнаружения 10^{-5} М.

С помощью Я.р. возможно определение тиолов, аминов, фенолов и др. Для этого сначала с исследуемым соед. проводят р-цию динитрофенилирования [реагенты — 2,4-(NO_2) $_2$ C $_6$ H $_3$ F, 2,4-(NO_2) $_2$ C $_6$ H $_3$ Cl], динитробензоилирования [3,5-(NO_2) $_2$ C $_6$ H $_3$ COCl] или динитросульфенилирования [2,4-(NO_2) $_2$ C $_6$ H $_3$ SCl]; полученное соед. вводят в р-цию с ацетоном и щелочью, затем фотометрируют продукт взаимод. (соед. I; $X = SR, NHR, OR$ и др.).



Р-ция открыта И. В. Яновским в 1886.

Лит.: Губен-Вейль, Методы органической химии, пер. с нем., 4 изд. т. 2, М., 1963, с. 631; Обтемперанская С. И., «Ж. аналит. химии», 1992, т. 47, № 6, с. 994-1002. С. И. Обтемперанская.

ЯНТАРНАЯ КИСЛОТА (бугандиовая к-та) $HOOC(CH_2)_2COOH$, мол. м. 118,09; бесцв. кристаллы: т. пл. 108 °C; возгоняется при 140 °C/1-2 мм. рт. ст., d_4^{20} 1,563; $\Delta H_{\text{гор}}^0$ -1491,18 Дж/моль, $\Delta H_{\text{обр}}^0$ -940,35 Дж/моль; K_1 $6,89 \cdot 10^{-5}$, K_2 $2,47 \cdot 10^{-6}$ (вода, 25 °C); р-римость (в г в 100 мл р-рителя): вода 5,8 (20 °C); 121 (100 °C), этанол 7,5 (21,5 °C). диэтиловый эфир 0,3 (15 °C), не раств. в бензоле, бензине. хлороформе.

Я. к. обладает хим. св-вами, характерными для *дикарбоновых кислот*, образуя два ряда производных (табл.). Соли и эфиры Я. к. наз. сукцинатами.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. кип., °C	d_4^{20}	n_D^{20}
Монометилсукцинат $HOOC(CH_2)_2COOCH_3$	132,12	56	121-3*	—	—
Диметилсукцинат $(CH_3COOCH_2)_2$	146,14	18,3	196,4	1,1197	1,4195
Диэтилсукцинат $(CH_3CH_2COOCH_2)_2$	174,20	-20,6	216,5	1,041	1,4198
Дибутилсукцинат $(CH_3CH_2CH_2COOCH_2)_2$	230,31	-29,0	274,5	0,9767	1,4298
Сукцинилхлорид $(CH_3CH_2COCl)_2$	154,98	20	193,3	1,3748	1,4683
Сукцинонитрил $(CH_2CN)_2$	80,09	57	265-7	0,9867**	1,4173**

*При 4 мм рт. ст. **При 60 °C.

Я. к. содержится в небольшом кол-ве в буром угле, жир. смолах, в янтаре (отсюда название). Найдена во мн. растениях.

Конденсация Я. к. или ее эфиров с кетонами и альдегидами в присут. оснований приводит к алкилиденянтарным к-там (см. *Штоббе конденсация*); при взаимод. с аммиаком и аминами образуются *сукцинимид* и его N-замещенные производные; с ароматич. соед. в условиях р-ции Фриделя-Краффта — 4-арил-4-кетомасляная к-та (р-ция сукциноилирования). При окислении Я. к. H_2O_2 в зависимости от условий образуются пероксиянтарная $(CH_2COOOH)_2$, оксоаянтарная или малоновая к-ты либо смесь ацетальдегида, малоновой и малеиновой к-т, при окислении $KMnO_4$ — щавелевая к-та или смесь малоновой и винной к-т, при окислении $NaClO_4$ — 3-гидроксипропионовая к-та. Каталитич. восстановление Я. к. в зависимости от катализатора и условий р-ции приводит к 1,4-бутандиолу, γ -бутиролактону, ТГФ или к смеси этих соед., гидрирование в 1,4-бутандиоле — к γ -гидроксимасляной к-те.

При 235 °C Я. к. отщепляет воду, давая янтарный ангидрид, при фотохим. распаде *трет*-бутилпероксиэфиров — этилен.

Я. к. вступает в р-цию замещения по активным метиленовым группам. Нагревание с бромом в закрытом сосуде при 100 °C дает с количеств. выходом 2,3-дибромаянтраную к-ту.

Я. к. получают в качестве побочного продукта при произ-ве адипиновой к-ты, а также выделяют из смеси к-т, образующихся при окислении углеводородов $C_4 - C_{10}$. Я. к. может быть получена окислением фурфурола пероксидом водорода, гидрированием малеинового ангидрида с последующей гидратацией. Известен пром. способ выделения Я. к. из отходов янтаря.

Соли Я. к. образуются при окислении 1,4-бутандиола р-ром Na_2O_2 или γ -гидроксимасляной к-ты гидроксидами щел.-зем. металлов в присут. Pd.

Применяют Я. к. для получения алкидных смол, сукцинатов, фотоматериалов, красителей, лек. в-в. Эфиры Я. к. используют в пищ. и парфюм. пром-сти. Так, диэтилсукцинат — ароматизатор для пищ. продуктов, компонент парфюм. композиций (запах цветов); обладает также св-вами пластификатора. Моно- и диамиды Я. к. с ароматич. и гетероциклич. аминами применяют в произ-ве нек-рых красителей и инсектицидов.

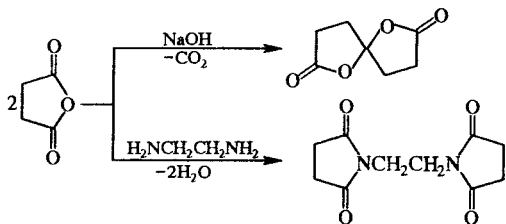
Для Я. к. ПДК в воде водоемов 0,01 мг/л.

Лит.: Kirk Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 21, N. Y., 1983, p. 848-64.

Н. Н. Маджесиева.

ЯНТАРНЫЙ АНГИДРИД (2,5-диоксотетрагидрофуран), мол. м. 100,1; бесцв. кристаллы; т. пл. 119,6 °С, т. кип. 261 °С, 139 °С/15 мм рт. ст.; возгорается при 90 °С (267 Па). Раств. в кипящем хлороформе, этилацетате, этаноле, плохо раств. в воде и диэтиловом эфире. Обладает хим. св-вами, характерными для *ангидридов карбоновых кислот*. При нагревании с бромом образует монобром- либо дибромпроизводные; при взаимодействии с избытком формальдегида в паровой фазе — цитраконовый ангидрид, а в среде жидкого CO₂ — сополимер формальдегида и Я. а.; с алкилбензолами в условиях

р-ции Фриделя — Крафта — алкилбензоилпропионовые к-ты. Р-ция с NH₃ приводит к сукцинимиду, с аллилэтиоцианатом — к N-аллилсукцинимиду (благодаря отщеплению COS). При нагревании в присут. щелочи Я. а. превращается в дилактон γ-кетопимелиновой к-ты, а при взаимодействии с этилендиаминном — в N,N'-этилендисукцинимид:



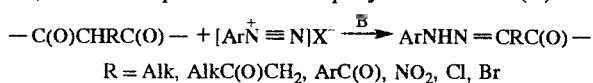
Получают Я. а. дегидратацией янтарной к-ты или каталитич. гидрированием малеинового ангидрида в присут. Pd/CaCO₃ и др. катализаторов.

Я. а. применяют в произ-ве лек. средств (напр., витаминов А и В₆), инсектицидов; отвердитель эпоксидных смол.

Я. а. раздражает слизистые оболочки глаз и дыхат. путей.

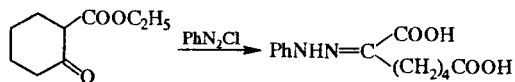
ЯНТАРЬ, см. *Смолы природные*.

ЯППА — КЛИНГЕМАННА РЕАКЦИЯ, получение арилгидразонов α-дикарбонильных соед. взаимодействием β-дикарбонильных соед., с солями арилдiazония в присут. оснований (В):



В р-цию вступают β-дикетоны, эфиры монозамещенных производных ацетоуксусной к-ты, эфиры циануксусной к-ты (дают гидразоны кетонитрилов) и нек-рые др. соед. с активной метиновой группой. При наличии в молекуле дикарбонильного соед. ацильной и алкоксикарбонильной групп в процессе р-ции преимущественно отщепляется первая; однако если алкоксикарбонильную группу предварительно омылить, то отщепляется карбоксильная группа. В ряду эфиров диацетилуксусных к-т преим. отщепляется ацильная группа, отвечающая более слабой к-те. Цианогруппа, как правило, в ходе р-ции не отщепляется.

При вовлечении в р-цию циклич. β-кетоефиров расщепляется связь С—С в цикле, напр.:



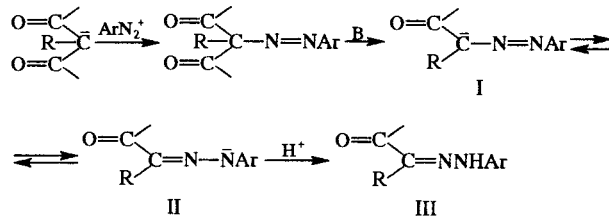
В Я. — К. р. вступают соли диазония на основе анилина, бензидина и их замещенных производных. Более активны соли, содержащие *орто*- и *пара*-электроноакцепторные заместители.

Обычно Я. — К. р. проводят при 0 °С в водной или водно-спиртовой среде в присут. KOH, NaOH, RNa или CH₃COONa (последний используют, когда желательно отщепление ацильной группы). В зависимости от активности метиновой группы для завершения р-ции требуется от неск. секунд до 4 сут. Выходы обычно составляют 40–90%.

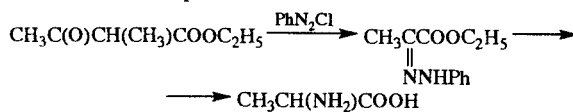
Осн. побочная р-ция — образование формазанов (особенно при использовании избытка соли диазония):



Считают, что Я. — К. р. начинается с образования карбаниона из дикарбонильного соед., к-рый связывается с катионом арилдiazония; дальнейшие стадии — отщепление ацила и перегруппировка аниона ф-лы I в анион II, к-рый присоединяет протон и превращается в гидразон III:



Я. — К. р. используют в препаративной практике для синтеза α-аминокислот, напр.:



Нек-рые типы гидразонов, получаемых по Я. — К. р., используют для получения индолов по Фишеру (см. *Фишера реакция*).

Р-ция открыта Ф. Яппом и Ф. Клингеманном в 1887.

Лит.: Филлипс Р., в сб.: *Органические реакции*, пер. с англ., сб. 10, М., 1963, с. 148; Китаев Ю. П., Бузыкин Б. И., *Гидразоны*, М., 1974, с. 28–29; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 484–85.

Г. И. Дрозд.

ЯТРОХИМИЯ, см. *Химия*.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

В указателе в алфавитном порядке приведены термины, встречающиеся в Энциклопедии. Цифры после термина обозначают номер тома и через косую черту номер столбца (а не страницы!). Номера столбцов указаны внизу страницы. Номера столбцов при терминах, которым посвящены самостоятельные статьи, даны полужирным шрифтом. Курсивные отсылки даются на термины указателя.

А

- ААС-пластик 1/14
 Аббе
 диаграмма 3/775
 рефрактометры 4/514
 Абгазная соляная кислота 4/755, 756
 Абехол 4/230, 231
 Абзимы 5/153
 Абисеол 2/284
 Абисоловая кислота 4/740
 Абисонозная кислота 4/740
 Абьетиналь 2/284
 Абьетиновая кислота 1/684; 2/15, 283, 602; 4/133, 740–742, 977, 1092
 Абьетиновая смола 4/1089
 Абьетинол 2/284
 Абиогенное происхождение нефти 3/457
 АБК, см. (+)-Абсцизовая кислота
 Абляционные материалы 1/1, 2; 2/649, 1166; 4/893
 Абляция 1/1, 2
 Абортинды 1/360
 Абортивный синтез 4/1229
 Абразивные материалы 2/590, 1029, 1072; 3/418, 636, 1214, 1215; 4/33, 575, 604; 5/13, 138, 760, 777, 896
 Абрамова реакция 1/2, 3; 5/274, 278
 Абрикосовое масло 4/377–381
 Абрильские воски 1/827, 828
 Абрин 5/1049
 Абсолю 5/1005
 Абсолютно черное тело 4/1030
 Абсолютно чистые вещества 3/835; 5/996, 1005
 Абсолютные методы
 асимметрический синтез 1/392; 4/858; 5/952
 элементный анализ 1/119, 120
 Абсолютные параметры
 влажность 1/757
 нуль температуры 4/1028–1030, 1034, 1035, 1039; 5/465, 956
 энтропия 4/1035
 Абсорбенты 1/5, 7, 8, 14–19; 2/639; 5/448, 976
 погложительная способность 1/6
 регенерация 1/4, 11–13
 Абсорберы 1/1105. См. также *Абсорбция*
 адиабатические 4/755, 756
 вибрационные 1/707
 и каплеуловители 2/614
 и осушка газов 1/896, 897
 пеночные 3/1141, 1143
 УФ света 4/841
 Абсорбционные методы
 анализ атомный, см. *Атомные методы анализа*
 – газов 1/915
 – жидкостей 2/291
 – молекулярный, см. *Фотометрический анализ*
 – нейтронный 3/402, 403
 – спектроскопия 1/3, 4, 408; 2/56; 3/220, 230, 768; 4/775, 785, 1033; 5/334, 885
 – элементный, см. *Гамма-абсорбционный анализ*
 охлаждение 5/597–599
 хроматография 1/884; 5/426, 621, 625–628
 Абсорбция 1/4, 5–14; 2/1300; 5/170
 адиабатическая 4/755
 аппаратура, см. *Абсорберы*
 и газов осушка 1/896, 897
 – – очистка 1/931, 932
 – – разделение 1/904, 905
 и однонаправленная диффузия 2/1306
 – охлаждение 5/597–599, 605
 изотермическая 4/755–757
 как вид сорбции 4/770
 как метод концентрирования 2/916
 как неэквивалентный массообмен 2/1298
 масляная 1/902, 928, 932
 с химической реакцией, см. *Хемосорбция*
 соляной кислоты из абгазов 4/755, 756
 триоксида серы 4/644–648
 мембранная 3/53
 методы, см. *Абсорбционные методы*
 низкотемпературная 1/932, 933
 фактор 1/12
 циклические режимы 5/715
 АБС-пластик 1/14, 15, 118, 334, 572, 628, 725; 3/123, 905, 1116, 1120, 1136; 4/2, 40, 169, 589, 734, 766, 869, 870
 (+)-Абсцизил-β-D-глюкопиранозид 1/15
 Абсцизин II 1/15, 16
 (+)-Абсцизовая кислота 1/15, 16; 4/428; 5/195
 Аварии
 защита, см. *Защита, Сигнализаторы*
 и пожаровзрывоопасность 3/1187–1189
 Кыштымская 4/321
 производственные 3/321
 Чернобыльская 4/337
 Аведж 1/1031
 Авенны 4/190
 Авермектины 2/468; 4/227
 Авиалн 1/214
 Авиационные нефтепродукты 3/446–448
 бензины 1/499, 501; 3/278, 728; 4/526; 5/994
 керосин 1/16, 307, 549; 2/738; 3/278, 446; 4/399. См. также *Реактивные топлива*
 масла 3/277
 смазки 3/1125, 1126
 Авиаж 4/1012
 Авиажные средства 1/340; 3/718; 4/1012
 Авидин 1/556, 751
 Авириль 1/16, 17; 3/1163; 4/919, 1012
 Авитаминоз 1/751
 Авитрол 2/343
 Авиценит 4/972
 Авициды 2/341, 343
 Авогадрит 4/555; 5/654
 Авогадро
 гипотеза 5/508
 закон 1/17, 988; 3/413; 4/866
 постоянная 1/17, 573, 908; 3/216; 5/107
 Аврал, волокно 1/732
 Автогенная плавка 4/592, 593
 Автокатализ 1/17, 1093; 2/661, 754; 3/954. См. также *Автокаталитические реакции*
 Автокаталитические реакции 2/661. См. также *Автокатализ*
 Бутлерова 1/652
 α-гидроксикапирование 1/2
 дегидратация 3/986
 колебательные, см. *Колебательные реакции*
 конденсация 1/652, 1222; 2/551, 888; 3/33
 макрокинетические эффекты 2/1259
 маскирование в аналитической химии 2/1294
 окисление 1/31, 18, 599, 643, 779, 780, 1073; 2/211, 226, 231, 305, 1102, 1188; 3/59, 123, 319, 395, 977, 978; 4/310, 311, 539, 740; 5/305, 413, 434, 570, 1008
 поликонденсация 3/1258, 1261
 протолиз 2/770, 781; 5/437
 радикально-цепные 4/310, 311
 самовозгорание 4/571–573
 самораспространяющийся высокотемпературный синтез 4/574, 575, 685; 1/584, 1169; 2/1261; 3/415, 421; 5/516, 755
 сплайсинг 4/811
 фторез 1/775
 эптаксия 5/958
 Автоклавные процессы 1/871, 1219; 3/93, 945; 5/77
 Автокосметика 1/18, 19, 657; 2/1320; 3/284; 4/34; 5/777
 Автолы 1/19
 Автолюминесценция 4/299
 Автомаскирование 2/1294
 Автоматизированные методы (процессы)
 проектирование 1/19, 20–22; 2/748; 4/186, 187; 5/472
 системы аналитического контроля 2/856; 3/431; 5/471, 472
 – интеллектуальные, см. *Искусственный интеллект*
 – информационно-поисковые 2/487, 488–490
 – синтеза нуклеиновых кислот 3/592, 593
 управление 1/22, 23–26; 5/471, 472. См. также *Кибернетика*
 – н моделирование 3/197. См. также *Оптимизация*
 – научными исследованиями 1/27, 28–30
 – поиском данных, см. *Информационно-поисковые системы*
 химический анализ 1/30, 31, 292, 294–296; 5/151, 173
 – – газов, см. *Газоанализаторы*
 – – жидкостей, см. *Жидкостный анализаторы*
 – – проточно-инжекционный 4/245, 246; 1/30
 Автоматные стали 2/260
 Автомобильные нефтепродукты 4/446–448
 бензины 1/498, 499, 638, 728, 930, 1089; 2/365, 684–686, 1005; 3/278, 441–444; 4/526; 5/660, 997
 масла, см. *Моторные масла, Смазочные масла*
 смазки 3/1125, 1126
 Автоочистители 1/19; 5/777
 Автополипрол 1/19
 Автопрепараты, см. *Автокосметика*
 Авторадиография 3/402; 4/325, 326; 5/770
 Авторадиометрическое обогащение полезных ископаемых 3/635
 Автотрофы 3/611, 612
 Автошампун 1/18; 5/780
 Автоэлектронная эмиссия 3/97
 Агар 1/31, 32, 1002; 3/818, 997, 1088; 4/36, 39, 721; 5/38, 39, 150, 321
 Агар-агар, см. *Агар*
 Агарызы 1/32
 Агаробактерия 1/32
 Агароза 1/31, 32, 418; 2/422, 1187; 4/39; 5/149
 «Агаропектин» 1/31, 32
 «Агат», покрытия 2/328
 Агаты 2/1027
 Агглютинация 2/426, 1162, 1163
 Агидолы 1/334; 2/91
 Агитационное выщелачивание 1/867
 Аглюконы 1/356, 1127–1129; 2/400, 973; 3/269, 594–596, 740; 4/275, 577, 578, 880; 5/37, 38, 93, 200, 201, 1044, 1053
 Агломерация 1/674; 2/962, 1150; 3/93, 94, 1068; 4/265, 592, 593; 5/749
 Аглопирит 3/1001
 Агрегативная устойчивость систем 2/154–156; 3/991; 4/952
 Агрегация
 структур в иерархических системах 4/1063, 1064
 фрактальная 4/885
 частиц в порошках 4/138
 Агрономическая химия, см. *Агрохимия*
 Агрономические руды 1/1174. См. также *Апатит, Калийные удобрения, Фосфориты, Фосфорные удобрения*
 Агрохимия 1/32, 33; 5/509
 Агроцибин 3/1249
 АГ-соль 1/988; 3/1208
 Адамантан 1/34, 35, 142; 2/130, 206, 325, 326, 367, 971; 3/378, 379, 392; 4/76, 77, 237, 464, 1140
 1,3-Адамандитнитрат 1/34
 1-Адамандитнитрат 1/34
 2-Адамандитанон 1/34
 Адамантилий-катион 1/34
 1-(1-Адамантил)этилмингидрохлорид 4/464
 Адамкевича реакция 1/35, 475; 5/1
 Адамкевича – Гопкинса реакция 1/35
 Адамса модификация 1/983
 Адамсит 1/35; 2/538; 3/843, 844, 846
 Адаптивные объекты
 модели 2/749; 3/197
 системы автоматического регулирования 1/24
 Адаптивная гипотеза 4/1237, 1240, 1241

- Адгезия 2/708, 799; 3/808, 1139, 1140, 1211, 1227, 1239; 4/204, 716, 1090; 5/268, 572, 987. См. также *Клеи, Склеивание*
- Адгезия 1/35, 36–38
и вакуумное напыление 3/335
и коагуляция 2/816
и когезия 2/833
и поверхностное натяжение 2/1182; 3/1173
и смачивание 4/729
и трение 4/1247
присадки 2/603, 901
промотеры 4/742
рубота 4/729
субстраты 1/35. См. также *Адгезивы*
– лакокрасочные покрытия 2/321, 322, 1132
– полимеры 1/36; 2/40; 3/1114, 1119, 1136
– порошки 4/136
- Аддитивность 5/460
атомных радиусов, принцип 1/411, 412
и неаддитивность межмолекулярных взаимодействий 3/19
и синтез цветов 5/324, 326
и химическая номенклатура 3/574
и эффект Фарадея 5/108
магнитной восприимчивости 2/1231, 1232
молярной рефракции 4/515
параметров состояния 3/882
твердых растворов 4/1006
фазовых сопротивлений 2/1305, 1306; 4/459
- Аддиционная поликонденсация, см. *Полиприсоединение*
- Аддукты 1/38, 199. См. также индивидуальные представители
диенового синтеза 1/38, 69, 70
комплексы кислотно-основные 2/779; 4/746
– молекулярные, см. *Молекулярные комплексы*
и кристаллизация 2/1043
как лиганды 2/1172
форполимеры 5/238
- Адекватность
математических моделей объектам 2/749; 3/194, 196
стандартных образцов 4/819
- Аденилаткиназа 1/43
Аденилатциклаза 1/38, 39, 40, 48, 50, 660, 1164, 1172; 2/598, 626, 695, 696, 1169, 1199; 3/50, 51, 712, 884; 4/516, 609, 1169, 1172; 5/270
- Аденилилтрансфераза 2/395
Аденилирование 1/1152; 2/395
Адениловые соединения
кислота 2/1323, 1324; 3/470, 600
нуклеотиды 1/1136
- Аденин 1/39, 42, 744, 1012, 1013; 2/877, 966; 3/295, 297, 300, 585–588, 619, 620; 4/274–277, 522; 5/216, 768. См. также *Пуриновые основания*
N-6-замещенные 3/596
нуклеотиды 1/43, 484. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*
- Аденинарибозид 3/595
Аденинарибозид 4/218
S-Аденозил-L-гомоцистеин 1/39
S-Аденозилметонин 1/39, 40, 304; 2/1191; 3/133, 174, 199; 4/1241; 5/245, 767
- Аденозин 1/39, 42; 3/173, 174, 595–598, 600, 810; 4/268, 493, 519, 811, 1231, 1234, 1238, 1239. См. также *Нуклеозиды*
дезаминида 3/595
рибонуклеотиды, см. *Аденозинфосфорные кислоты*
- Аденозиндифосфат 1/41–43, 484, 556, 561, 609, 1000, 1135, 1136, 1151, 1152; 2/241, 1003; 3/176, 198, 600, 668–670, 811, 812, 879, 880, 1077, 1083; 4/430, 524, 810, 1260, 1262; 5/268, 344, 346–349. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*
- Аденозиндифосфатрибозилирование 3/200
- Аденозинмонофосфат 1/41–43, 50, 318, 660, 1132, 1152, 1156, 1211; 2/239, 655, 1170; 3/600, 810–812; 4/268, 430, 609, 810, 1260; 5/769. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*
- циклический 1/40, 30, 38, 41, 48, 50; 2/95; 3/578, 601, 884; 4/212, 269, 427, 430, 578, 1169, 1172, 1193, 1194; 5/254, 270, 308
- Аденозинтрифосфат 1/38, 39, 41–43, 484, 556, 558, 608–611, 1000, 1026, 1097, 1135, 1136, 1154–1156, 1164, 1172, 1211; 2/20, 116, 241, 578, 655, 968, 1003, 1004, 1169, 1170, 1190, 1191; 3/156, 176, 177, 559, 578, 601, 624, 668–670, 697, 810–812, 878–880, 920, 1083; 4/430, 497, 524, 810, 1119, 1229, 1242, 1259–1262; 5/148–152, 268, 296, 344, 346–349, 591. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*
- Аденозинтрифосфатаза 1/41, 483, 552; 3/176–178; 4/538; 5/1035
- Аденозинфосфорные кислоты 1/41, 30, 48, 50, 560, 561; 2/968, 970; 3/470, 601; 5/255, 287. См. также *Аденозиндифосфат, Аденозинмонофосфат, Аденозинтрифосфат*
- Аденозин-3',5'-циклофосфат 1/40
- Адеприл 1/274
- Адиабатические методы
приближение 1/45, 46, 856; 2/125, 723–726; 3/206, 207, 467; 5/868
– и молекулярные интегралы 3/223
– – конфигурационное взаимодействие 2/904
– – нежесткость 3/391
– – симметрия 4/688
– – электронно-колебательное взаимодействие 5/880, 881
– – эффекты Яна – Теллера 5/1056
сжатие 1/43, 44; 2/754, 880, 881, 1101
- Адиабатические процессы
абсорбция 4/755, 756
взрывные 3/954
испарение 1/853, 854
охлаждение 5/594, 595
потенциалы ионизации 4/151, 152
химические реакции 2/918; 3/258; 5/338, 351, 352
- Адикулаты 2/798
- Ади́пат (ади́пинат), метаболизм 3/613
Ади́пинаты 1/46, 47, 644, 866, 988; 2/805, 1194; 3/291, 728, 1116, 1117, 1197, 1234; 5/730, 1001
- Ади́пиновая кислота 1/46, 47, 248; 2/107, 108, 745; 3/613, 658, 945, 946, 1201, 1206, 1239, 1251; 4/54, 499, 500; 5/56, 73, 85, 86, 133, 722, 903, 1058
амиды 1/46, 114; 2/422
агидриды 1/46, 299; 4/60, 538
нитрил, см. *Ади́подинитрил*
соли и эфиры, см. *Ади́пинаты*
- Ади́пидон 4/478, 479
- Ади́подинитрил 1/47, 46, 48, 117, 118, 628, 988–990, 1116; 3/55, 512, 946; 4/696; 5/903
- Ади́плены 5/86
- Ади́уретин 1/660, 661
- Адмер 3/1139
- Адмиттанс неферрадеаский 1/809
- АДП, короткоид 2/959, 960
- Адреналин 1/48, 1126, 1132, 1171, 1173; 2/222, 695, 696; 3/399, 578, 579, 619, 620, 713, 1057; 4/219, 695; 5/143, 968, 1002, 1039
биосинтез 1/39
и средства антиаритмические 1/320
– – блокирующие, см. *Адренобло-кирующие средства*
– – кардиоселективные 1/50, 320
– – стимулирующие, см. *Адреноми-метические средства*
- Адреноблокирующие средства 1/48, 49, 1120; 4/516, 773; 5/18, 19, 111, 146
анаприлин 1/898, 50
пиндолол 3/1026
тропафен 5/18, 19
фентоламин 5/146
- Адренокортикотропин 1/50, 39, 51, 1156, 1171–1173; 2/696, 1201; 3/37, 399, 400
- Адренокортикотропный гормон 1/50, 51; 2/959
- Адренолитические средства 1/48; 5/143
- Адреналон 3/1057
- Адреномиметические средства 1/51, 52; 2/222, 1322; 4/516, 773; 5/1002
алкалоиды, см. *Эфедрин*
изадрин 2/346; 1/51; 4/1194
нафтизин 3/380; 1/51
норадреналин 3/578, 579; 1/51
орципреналин, сульфат 3/817; 1/51
- Адриаминин 1/356; 4/235
- Адроксон 1/322
- Адроны 4/243; 5/930–932
- Адсорбаты 1/53–63; 2/148
- Адсорбенты 1/52–63, 883; 2/237, 323, 699, 884, 967, 968, 1174; 4/1223; 5/49, 448, 503, 614
алюмосиликаты, см. *Цеолиты*
аморфный диоксид кремний, см. *Силикагель*
аэросил 1/789; 2/112, 807, 1013, 1026–1028, 1032; 3/913, 992, 1114, 1197; 4/65, 91, 136, 285, 491, 673
биоспецифические 1/42
гидрофобизированные 2/294, 295, 297
ионообменные, см. *Иониты, Ионный обмен*
модифицирование 1/884
полярные 2/294
сажа, см. «Белая сажа». *Технический улерод*
угли, см. *Активный уголь*
удельная поверхность 3/260
- Адсорберы 1/61, 62, 897. См. также *Адсорбционные методы (процессы), Адсорбция*
- Адсорбция люминесценция 5/446
- Адсорбтивы 1/53–63; 2/1230, 1231; 5/448
- антикоррозионные пленки 2/322
- индикаторы 1/362; 2/446, 449, 450, 1083, 1216, 1217, 1232; 4/530; 5/19, 522, 523, 957
- Адсорбционная влага 2/12; 4/954
- Адсорбционные методы (процессы) 1/62, 63. См. также *Адсорбенты, Адсорбтивы, Адсорбция*
- аппаратура 1/61, 62, 897; 3/344
безрегенеративные 1/928
вакуумное напыление 3/334, 335
индикаторы 1/362; 2/446, 449, 450, 1083, 1216, 1217, 1230; 4/530; 5/19, 522, 523, 957
крашение 2/1000, 1001
люминесценция 5/446
псевдооживление 4/263–265
разделение воздуха 1/797, 798, 905, 979
- очистка воды, см. *Водоподготовка, Сточные воды*
– газов 1/900–903
– – и их осушка 1/897
– нефтепродуктов 1/52, 53; 2/678; 3/443, 459; 4/928
– перколяционная 3/967, 968, 969; 1/52
термоокисление летучих растворителей 1/903
хроматография 1/475, 625
– газовая 1/883, 884, 918, 919
– жидкостная 1/918, 919; 2/294, 295, 297; 3/459
- Адсорбция 1/53; 4/770. См. также *Адсорбенты, Адсорбтивы, Адсорбционные методы (процессы)*
активированная 1/1053, 1054
время защитного действия 1/61
газов 1/797, 905
гббсова 1/53, 54; 4/1064; 5/845
гистерезис 1/57, 58
динамика 1/61
и двойной электрический слой 2/1–4
и десублимация 4/890
и дисперсионный анализ 2/148, 149
и жидкостная экстракция 5/829
и ингибиторы коррозии 2/434–436
и ионный обмен 2/504
и капиллярная проницаемость 2/613
и кинетика каталитических реакций 1/1050, 1052–1054; 2/688–693
и коагуляция 2/817, 818
и лиофильность 2/1182
и охлаждение 5/604, 605
и пассивация металлов 3/890
и пластификация 3/1118
и поверхностное натяжение 3/1159–1163, 1173; 5/500
и понижение прочности тел 3/85, 1169, 1173, 1174; 4/952
и потенциал нулевого заряда 4/153, 154
и спилвер 4/786
и усиление фотонного изображения 5/454
и флокуляция 5/203
и экстрагирование 5/820
и электромиграция ионов 5/865
и электроповерхностные явления 5/846, 849
изотермы 1/54–59, 884; 3/210, 1159, 1174
нонная 1/59, 60
как массообменный процесс 2/1299, 1230
как метод концентрирования 2/916
– – определение пор 4/131
клеток микроорганизмов 2/463
масляная 4/194
микрокомпонентов 2/1254
модели 1/57–59
моно- и полимолекулярная 1/56, 57, 59, 60; 2/210, 436; 3/260; 4/345
испептационная 1/53
обратимая, см. *Рейбинера эффект*
одно- и многоточечная 2/667
поверхностно-активных веществ 3/260, 261, 1160–1163, 1170, 1171
полимеров мембранами 3/827
потенциал 1/58
проскок 1/61
растворителей 4/360
специфическая 1/53; 5/473
термодинамика 1/53–56, 59, 60
тяжелых углеводородов 1/933
уравнение 1/54–61
физическая 1/53; 5/177, 178
фотокатализ 5/332
химическая 1/53–63, 905. См. также *Хемосорбция*
циклические режимы 5/715
чужеродных ДНК 4/1243
АДФ, см. *Аденозиндифосфат*

- АДФ-рибоза 3/200
АДФ-рибозилполимераза 3/200
АДФ-рибозилтрансфераза 3/200
Альвонты 2/426, 427
А. е. м. 1/407, 408
Аеролит 2/619
2-Азабицикло[3.3.1]нонан 1/144
1-Азабициклооктаны 3/1081; 5/536, 537
1-Аза-4,6-диоксабицикло[3.3.0]октан 3/682
Азаирахтин 1/342
Азидолы 1/63, 64, 422
Азаквалрициклени 1/70
Азакраун-эфир 2/985, 986, 1036
Азаметиновые красители 3/129–132
Азаоркардены 1/69
Азарон 5/1004, 1005
Азасерин 1/1150
Азатиоприн 1/164; 2/426, 605
Азатриметинициановые красители 3/130
5-Аза-2,8,9-триокса-1-силатрицикло- [3.3.3.0.1⁵]ундекан 4/671
Азафен 1/325, 326
9b-Азафенален 5/525
Азафенантрин 5/812
Азафлоспорины 5/697
Азациклубутадиен 1/377
Азациклопентатриен 1/69
5-Азацидидин 3/594–596; 4/1249
Азеланнаты 1/64, 65; 3/728
Азелановая кислота 1/64, 65; 2/107, 108; 3/658, 659, 729, 1201, 1202; 4/527
Азеотропные процессы
дистилляция 5/996, 1011
поликонденсация 3/1261
ректификация 1/65, 66, 69, 837, 897, 904; 4/457, 458, 460; 5/660
Азеотропные смеси 1/65, 63, 66–69, 438, 494, 512, 517, 837, 904; 2/55, 61, 62; 4/754; 5/56, 996
Азеотропы 1/65
Азепин 1/69, 70
Азетидин 1/74, 75; 4/412
1,3-Азетидин-2,4-дионы 2/403
Азетидиноны 2/420, 1136, 1137; 3/887; 5/782
Азид-ионы 3/575
Азидный синтез пептидов 3/932, 933
Азидоацетальдегид 1/72
Азидобензол 1/72
Азидоводород 3/576
Азидогруппа 1/71–74; 2/282; 3/573; 5/424, 493, 494
3-Азидо-3'-дезокситимидин 3/599, 1242
α-Азидокетоны 3/1033
2-Азидо-4-метилтио-6-изопропилами- но-сим-триазин 1/74
α-Азидопропионовая кислота 1/393
Азидотимидин 3/599, 1242
3-(2-Азидофенил)пиридин 2/636
Азидоформаты 1/74
Азиды 1/72, 93; 5/784, 785
арилсульфокислот 1/71. См. также *Порообразователи*
металлов 1/71, 72; 2/466, 467; 3/146, 1075. См. также *Связки азиды*, индивидуальные химиче- ские элементы
номенклатура 3/573, 575
органические 1/72, 70, 71, 432, 1073; 2/242, 415, 1106, 1107, 1148; 3/507, 535, 1049; 4/25, 133, 134, 1253, 1270; 5/7, 88, 264, 266, 738, 791
Азимидабензол 1/529
Азимутальное квантовое число 2/721
Азидовые красители 1/74, 75, 76, 419; 2/438, 460, 980; 3/536, 1033; 4/649, 1198, 1199; 5/116, 146
активные 3/998
ариламинные 2/978
водорастворимые 2/462
жирорастворимые 2/462; 3/471, 472
красно-фиолетовый, см. *Мовсин*
оксидационные 3/694, 695; 1/75
основные 3/833, 834
синие, см. *Индюлины*
спирторастворимые 2/462; 3/471
хинолиновые 2/980
черные, см. *Англиновый черный*, *Нигрозины*
Азины 1/76, 197, 1070, 1072, 1074; 2/78, 746, 751; 4/670, 1148; 5/263, 778, 790
гидразинпроизводные, см. *Гидрази- на замещенные органические*
диазины, см. *Пиразин*, *Пиридин*, *Пиримидин*, *Феназин*, *Фта- лазин*
моноазины, см. *Пиридин*, *Хинолин*
триазины, см. *Триазины*
Азипротрин 1/74, 1033
Азиридин(ы) 1/77, 1061; 2/233, 404, 909, 1266; 3/508, 1037; 4/390; 5/280, 442, 783. См. также *Этилен- имин*
Азиридиния соли 2/418
Азирин 1/76, 77, 469; 5/443
Азлактоны 1/198, 252, 253; 3/679, 897; 4/1170; 5/121
Азоаллилен 2/1134, 1135
Азоалканы 1/1073
Азоамины 1/77–80, 258, 304; 3/523
Азобензол 1/81, 88–90, 538, 1073; 2/17, 80; 3/72, 73, 527; 4/288; 5/416. См. также *Азосоединения*
Азобензолдикарбоновая кислота 3/1270
Азобензол-3,3'-дисульфокислота 3/527
Азобензолсульфоновая кислота 1/263
Азоены 1/77, 78–80, 83, 259; 2/71, 975, 978, 992; 3/523, 704; 5/559. См. также *Азомины*, *Азотомы*, *Диаза- миолы*, *Диазоли*, *Фталоцианино- вые красители*
Азо-гидразонная таутомерия 1/89; 5/219
Азогруппа 1/87–90; 4/396; 5/424
Азодикарбоамид 4/134
Азодикарбоамид 3/905, 907, 908; 4/134
Азодикарбоновая кислота
диамид 4/130
дизитлат 1/69; 2/186; 3/186, 187
Азодитрильные нитраты 2/285
Азоидные красители 1/77
2,2'-Азо-бис-изобутиронитрил 1/80, 88, 488, 496, 530, 721, 824, 996, 1075, 1076, 1217; 2/204, 376, 464; 3/114, 905, 911, 1230; 4/134, 309, 840; 5/446, 566, 580
Азонасмесьная кислота динитрил 1/80
Азоимид 1/97
Азокрасители 1/80, 77, 81–84, 88; 2/996; 5/123, 124, 126, 558, 599, 650
активные 1/83, 128; 3/998
арилазосоединения 1/90
ацетонорастворимые 1/82
Гресса 4/394
дисперсные 1/82, 83; 2/149–152; 3/998
жирорастворимые 1/81, 82; 2/302, 980; 4/17, 18
катионные 1/83; 2/699, 700
кислотные 1/83; 2/774; 3/381
лаки, см. *Азолаки*
металлосодержащие 1/83; 2/774– 776, 994, 997; 3/705; 4/18, 247, 248
образуемые на волокне, см. *Азоены*
определение 1/306; 2/1100
основные 1/83; 2/699, 700; 3/833
перимидиновые 3/953
пигменты, см. *Азопигменты*
пищевые 3/1089
полимерорастворимые 4/17
получение 1/88, 91, 154; 2/138, 139, 1005; 3/25, 357; 4/507, 1190, 1198, 1205
протравные 1/83; 3/705; 4/18, 247, 248
прямые 1/83, 85; 4/247
свойства 1/336, 490, 491; 2/71, 73, 75, 972, 978, 995; 3/373, 381–383, 388, 519, 566, 697, 709, 785, 833, 1270; 4/668, 900, 935
тропеолыны 5/19, 20
универсальные 2/302
8-Азоксантин 2/1084
Азоксбензол, см. *Азосоединения*
Азосоединения 1/84, 85, 89, 90, 669, 779; 2/287, 288, 580; 3/527, 536, 540, 547, 553, 559; 5/738
Азолаки 1/83; 2/1003; 3/1015, 1016
Азолы 1/85, 86; 5/778
гидриазолы 1/712, 713. См. также *Имидазол*, *Пиразол*, *Тетразол*, *Триазол*
изотказол 2/360, 361, 743; 1/85
изотказол 2/381, 179; 1/85
конденсированные, см. *Бензимида- азол*, *Бензотриазол*, *Бензотриазол*
нуклеозидные антибиотик 3/594, 595
противомикробные средства 4/233
тиазол 4/1117, 1118; 1/85
Азометан 1/87, 88
Азометиновые красители 1/86, 87; 2/980; 3/1017, 1035, 1036; 4/18; 5/124, 782
Азометиновые соединения, см. *Азо- метины*, *Шиффа основания*
Азометины 1/86, 197, 270, 741, 742; 2/8, 66, 114, 288, 325, 326, 403, 410, 645, 872, 1252; 3/540, 541, 549, 571, 734, 915; 4/1133; 5/263, 783, 784, 794. См. также *Шиффа основания*
красители, см. *Азометиновые краси- тели*
N-оксиды, см. *Нитроны*
Азофталены 1/81, 87; 3/547
Азопигменты 1/80–84, 515; 2/279, 330, 993, 996, 997, 1003; 3/705, 1013–1015
Азопирролы 3/1079
Азороданины 4/530, 531
Азосоединения 1/87, 88, 89, 463, 1075; 2/66, 69, 288, 403, 446; 3/536, 540, 553, 559; 4/50; 5/9, 19, 65, 123, 446, 794
азосоставляющие 1/90, 91; 2/138, 139; 3/797. См. также *Азолы*
и диазосоединения 1/90
как канцерогены 2/605
как порфороны 4/133, 134
как радикальные инициаторы 2/464, 466; 4/305
как светостабилизаторы 4/588
красители, см. *Азокрасители*
метиновые, см. *Азометины*, *Шиффа основания*
определение 3/797
пигменты, см. *Азопигменты*
получение, см. *Азосоедания*
Азосоедания 1/90, 77, 80, 81, 91, 924; 2/70–73, 75, 95, 151, 314, 359, 887, 976; 3/281, 710, 797, 893, 1013– 1015; 4/256, 448, 901, 1199; 5/274, 446, 720. См. также *Азосоединения*, *Диазосоединения*
Азот 1/91, 399, 400, 768, 1170; 2/963; 3/171, 575; 5/54, 55, 84, 494, 937
активных 1/93
гидраты 1/911
гидрид 1/1110
дейтерид 1/579
жидкий 1/92, 94, 779, 904; 2/300– 4/300, 587, 1076
ноид 2/495
как среда, бариевое зеркало 1/459
– защитная 1/94, 1146; 2/326, 358, 452–454, 616
оксиды 1/94, 93, 95, 101, 276, 399, 400, 608, 889, 890, 892–894, 904, 916, 917, 1093, 1094, 1158, 1216; 2/12, 16, 120, 183, 242, 300, 392, 446, 505, 509, 530, 661, 672, 710, 711, 825, 949, 984, 1137; 3/113, 253, 504, 505, 507, 517, 518, 528, 529, 532, 534, 535, 541, 543–546, 558, 576, 698, 699, 882, 987, 1001; 4/302–304, 342, 399, 627, 628, 640, 661, 731, 786, 814, 1137, 1185, 1190, 1257, 1265; 5/7, 9, 57, 58, 60, 141, 147, 151, 463, 552, 570, 651, 684, 916. См. также *Диазот оксиды*
– «веселящий газ» 1/94–96, 1070, 1094; 2/221, 561, 566, 610; 4/196, 477, 812
– вредные выбросы 3/849, 850; 4/223, 1210
– и серная кислота, см. *Нитрози*, *Нитрозные газы*
– как «допинг» в детекторах 2/44
– как ингибиторы 2/432
– как кислоты и основания 2/282, 782
– как лиганды 2/793, 1172
– как окислители 3/662
– радикалы 3/543–546
– коррозионная активность 2/322
– молекулярные комплексы 3/751
определение 1/94, 121, 887, 889, 894, 895, 916, 917; 2/183, 242, 446, 710–712, 770, 896, 1108, 1148, 1318; 3/168; 4/158, 159, 549, 621, 622, 627, 628, 883, 1056
особо чистый 1/72
получение 1/93, 94, 106, 275, 794– 798, 903, 904, 929, 930, 951, 1191; 2/392; 3/358, 412, 1075; 4/461; 5/114, 443, 602, 605, 978
применение 1/94, 798; 2/148, 1124, 1153, 1154; 3/171–173, 648, 649, 658, 885, 903, 905–907, 1099; 4/106, 134, 139, 196, 959, 967, 1079; 5/593, 802. См. также *Азот- но-калийные удобрения*, *Азотно- фосфорные удобрения*, *Азотные удобрения*
роль в метаболизме 1/103, 104, 291, 1151; 3/279, 611, 619, 620, 622, 623, 936, 937
свойства 1/6–8, 92, 93, 388, 406, 833, 834, 926, 1015, 1049, 1052; 2/77, 189, 198, 367, 392, 505, 509, 692, 693, 699, 767, 793, 853, 1077, 1172; 3/18, 77, 80, 99, 226, 488, 575, 602, 603, 666, 955, 957, 958; 4/331, 332, 433, 515, 574, 808, 813, 1005, 1039, 1185; 5/16, 43, 463, 552, 630, 648, 936, 1024. См. также *Азотирование*, *Нитроцемент- ния*
связывание, см. *Азотфиксация*
смесь с ацетиленом 4/431
– водородом, см. *Азотоводород- ный смесь*
соединения кислородсодержащие, см. *Азотистая кислота*, *Азотная кислота*, *Нитраты неорганиче- ские*
– органические 2/409, 410, 622, 651, 974, 975, 1016, 1055; 3/27– 29, 383, 419, 420, 660, 765, 785, 797, 1164. См. также *Аминокисло- ты*, *Амины*, *Нитраты органиче- ские*, другие представители

- с металлами, см. *Азиды металлов*, *Нитриды*
«сплавы» 5/516
фториды 1/96, 93, 97, 98, 1114;
2/1127; 5/387–389, 391, 393
хлориды 1/93, 829; 2/432; 3/662;
5/553
Азотирование 1/908; 2/201, 259, 1154;
4/808, 1177; 5/451, 452, 913
Азотистая кислота 1/97, 251, 252, 374,
467, 647, 681, 1073, 1093, 1132; 2/16,
17, 33, 73, 75, 76, 89, 90, 181, 236,
422, 495, 496, 1091, 1274; 3/62, 106,
119, 163, 502, 518, 519, 530, 531, 534,
535, 552, 576, 1024, 1035, 1052;
4/215, 900, 1100, 1138, 1141, 1147,
1155, 1190, 1199, 1251; 5/19, 114,
123, 130, 139, 524, 781, 978
и сопряженное основание 2/782
соли, см. *Нитриты неорганические*
эфир 3/932. См. также *Нитриты*
органические
Азотистоводородная кислота 1/97, 93;
2/466; 3/514; 4/592; 5/784, 785
соли, см. *Азиды металлов*, *Азиды*
органические
Азотистые нитриты 1/97, 98; 2/604,
605; 3/846; 5/449, 972
Азотистые основания 2/639, 877. См.
также *Основания*, *Пиримидиновые*
основания, *Пуриновые основания*
Азотная кислота 1/97
ангидрид 1/299
и сопряженное основание 2/782
нн-молекулярные комплексы
2/505
концентрированная 1/101, 102;
3/521, 523–525, 527–532, 538,
542, 547, 564, 662, 729, 888, 913;
4/128, 342, 343, 572, 632, 876, 943,
987, 1102; 5/6, 132, 141, 142
коррозионная активность 2/947–949
кристаллогидраты 1/98
определение 1/894, 916; 2/293, 896
получение 1/93, 95, 96, 99–101, 904,
1076; 2/664, 672, 768, 885; 3/412,
1130; 4/160, 200, 300, 384, 519,
523, 608, 659, 722; 5/25, 514
применение 1/102, 608; 2/773. См.
также *Азотно-калийные удобрения*,
Азотно-фосфорные удобрения,
Азотные удобрения
разбавленная 1/99–102; 3/526, 530,
531, 538, 546, 563; 4/591, 632, 633,
987, 1019, 1100, 1127; 5/19, 141,
456, 470
свойства 1/98–102, 190, 277, 706,
782, 847, 901, 990, 1093, 1100,
1132; 2/12, 26, 41, 132, 133, 199,
210, 253, 271, 279, 371, 392, 452–
454, 701, 708, 745, 783, 898–900,
995, 1008; 3/99, 163, 482, 506, 507,
520, 527; 4/731, 746, 898, 1008,
1166, 1201, 1265–1267; 5/507, 827
смеси, кислота
серная, см. *Меланж*, *Нитрующая*
смесь
соляная, см. *Царская водка*
фтористоводородная 3/99
соли, см. *Нитраты неорганические*
триглицерид, см. *Нитроглицерин*
эфиры 2/17. См. также *Нитраты*
органические
Азотная подушка 1/1146
Азотноватая кислота 1/1094
Азотноватистая кислота 1/102, 1094
Азотно-водо-кладовые огнетуша-
щие составы 3/649
Азотно-калийные удобрения 2/568
Азотнокислотные процессы
варка целлюлозы 5/665
разложение фосфатов 2/809
Азотнокислотный нитрофос 3/564
Азотносulfатная нитрофоска 3/564
Азотно-фосфорно-калийные удобре-
ния 1/467; 2/869, 870; 3/172, 520,
564
Азотно-фосфорные удобрения 1/284,
286, 467; 2/84, 290, 869, 870; 3/172,
519–521, 564; 5/54, 305. См. также
Аммония фосфаты, *Аммофос*, *Ди-*
аммофос
Азотные воды 3/170
Азотные лазеры 2/1118–1120, 1124
Азотные удобрения 1/102; 2/348, 591;
3/505, 850, 856, 861, 862; 5/54, 702.
См. также *Комплексные удобрения*,
Минеральные удобрения, *Селитры*
амидные, см. *Карбамид*, *Мочевина*
аммиачные и аммонийные 1/102,
103. См. также *Аммония сульфат*
аммонийно-нитратно-амидные
1/103
аммонийно-нитратные 1/102, 103.
См. также *Аммония нитрат*
жидкие 1/102, 103; 2/290
нитратные 1/92, 102, 103. См. также
Калия нитрат, *Кальция нитрат*,
Натрия нитрат
уреаформ, см. *Карбамидо-формаль-*
дегидное удобрение
Азотобактерин 1/451
Азотоводородная смесь 1/904; 2/25
Азотолы 1/77–79, 304, 305; 3/562, 704,
705; 5/119, 383
Азотфиксация 1/103, 44, 92, 553, 1152,
1161; 2/797, 829; 3/79, 80, 503, 1100,
1102
Азофенетолы 3/561
Азофенол-хинонгидазонная таутоме-
рия 4/992
Азофиолетовый, индикатор 2/449
Азофлуорантены 2/398, 399
Азофос 3/564
Азофоска 2/869; 3/564
Азохинонгидазонная таутомерия
4/751
Азоцел 4/134
4,4'-Азо-бис-(4-циановалериановая)
кислота 2/285
4,4'-Азо-бис-(4-цианопентанол) 2/284
Азоциклотин 1/107
Азулей(ы) 1/104, 105, 375, 684; 2/143,
438, 1136; 3/324, 377, 378; 5/20, 224,
423, 643, 648, 719
Азур А 1/322, 1023
Азурит 2/1330
Азурол 2/139
Айрное масло 5/800, 1003, 1004
Аймалин 1/105, 106, 319, 320, 555;
2/460; 5/537
Айхорна
метод 1/442
модификация 5/786
реакция 1/106, 236
Айслеба реакция 1/236
Акантит 4/636, 637
Акарициды 1/106, 107, 108; 2/186,
468, 469, 471–473, 1080; 3/563, 763,
994; 4/739, 1132; 5/418
Акарон 4/661
Акарофуницииды 1/106, 107
Акартан 1/107
Акагелли 4/672, 673
Акагруппы 1/108
Акавагионы 1/1078; 3/98
Акавакслоты 1/108, 813; 2/778
Акаваклин 5/585
Акавакомплексы 1/108, 1092, 1097,
1099; 2/110, 272, 536, 579, 821, 928,
930, 933, 1172; 3/6, 18, 474; 4/533;
5/609
Аквамарин 1/535; 2/222, 223; 4/681
Акваметрия 1/108, 109
Аквавалы 1/281; 4/731
Аквациты 1/281; 2/127; 4/731
Акваоснования 2/778
Аквапентамины 2/821
Акварельные краски 2/799
Акватол(ы) 1/109, 281; 4/731
Аквацианокоррозиониды 2/943
Аккумуляторы 1/109, 972; 2/255;
3/865; 4/266, 591, 638, 640; 5/487–
489
батареи 1/110, 111, 972
водорода 2/478, 486, 1146
кадмиевые 2/553
никель-водородные 1/111
никель-цинковые 1/111
с неводными электролитами 1/111
свинцовые 1/109, 110; 4/594, 600,
602, 648
серебряно-цинковые 1/110, 111
серно-натриевые 1/111
сульфид-железо-литиевые 1/111
фотохимические солнечной энергии
3/579
щелочные 1/110, 111; 2/566, 1206
Аклавинон 1/356
Акладноминцил А 1/356
«Акмигран» и «Акминит», плиты
2/327
цис-Аконит 4/1259, 1260
Аконитаза 5/410, 1054
Аконитат, метаболизм 3/613, 617, 618
Аконитат-гидрогеназа 4/1259
Аконитин 2/171–173; 5/1051, 1052
Аконитовая кислота 1/1144; 2/1179;
3/613
Акрес 1/107
Акридан 1/112
Акридин 1/112; 2/445, 591, 595, 1217,
1228; 3/295; 4/419; 5/356
красители, см. *Акридиновые краси-*
тели
Акридиния соли 1/112; 5/248
Акридиновые красители 1/112, 113,
114, 366, 367; 2/979; 5/649
Акридон 1/112
Акриламид 1/114, 117, 118, 175, 430,
640, 790, 1218; 3/678, 1194–1195;
4/889, 895, 999; 5/53, 203, 668, 773
Акрилан 3/1198–1200
Акрилат, метаболизм 3/613, 617, 618
Акрилатные соединения. См. также
Акриловые соединения
водоэмульсионные краски 1/788,
790
каучуки 1/115, 116, 641, 707, 708;
3/1196; 4/41, 442, 443; 5/960
клеи 2/807; 3/70; 4/716
латексы 1/788–790
стекла 4/841
Акрилаты 1/116, 80, 599, 788–790;
2/215, 807, 1014, 1129, 1266; 3/907,
1196, 1197; 4/40, 41, 503, 589, 696,
700; 5/740, 977, 989. См. также *Акри-*
латные соединения, *Акриловая*
кислота, *Акриловые соединения*
аминоалкиловые, см. *Аминоалкилак-*
рилаты
бутыловые, см. *Бутилакрилаты*, *Бу-*
тилтакрилаты
метилловые, см. *Метилакрилат*, *Ме-*
тилтакрилат
полимерные, см. *Полиакри-*
латные, см. *Этилакрилат*
Акриловая кислота 1/116, 117, 119,
139, 602, 715; 2/93, 252, 643, 644,
672, 806, 807, 809, 1150, 1272; 3/70,
253, 613, 743–745; 4/206, 499, 642;
5/56, 67, 573, 582, 833, 977. См.
также *Акрилат*, *Акрилатные соеди-*
нения, *Акриловые соединения*
амид, см. *Акриламид*
ангидриды 1/114; 3/110; 4/70
нитрил, см. *Акрилонитрил*
определение 1/114
полимер, см. *Полиакриловая кис-*
лота
соли и эфиры 1/116, 430, 716; 2/245,
520, 707, 708, 1101; 3/1079;
4/872. См. также *Акрилаты*, *По-*
лиакрилаты
сополимеры 1/114, 175, 640, 651;
2/516, 520, 701, 808; 3/54, 69, 71,
1195, 1269; 4/700, 840, 841, 889,
1012; 5/204, 447
Акриловые соединения. См. также
Акрилатные соединения
альдегид 1/196. См. также *Акролеин*
волокна, см. *Полиакрилонитриль-*
ные волокна
каучуки, см. *Акрилатные каучуки*
кислоты, см. *Акриловая кислота*
клеи, см. *Клеи синтетические*
лаки, см. *Полиакриловые лаки*
олигомеры 3/744, 745, 746; 2/1080;
4/91, 765
эластомеры 4/291
эмульсии 3/997
трис-(Акрилонилгидроксэтил)фосфат
3/907
Акрилоилкофермент А 1/434
Акрилоилхлорид 1/114
Акрилонитрил 1/117, 118
как сомономер 3/257
как условный канцероген 2/606
органогели 1/1002
полимер, см. *Полиакрилонитрил*
получение 1/117–119, 1113, 1116;
2/668, 672; 3/407, 672, 673, 739;
4/208, 265
свойства 1/48, 80, 114, 139, 270, 358,
429, 438, 599, 628, 903, 1108,
1134; 2/82, 83, 245, 379, 707, 807,
984; 3/10, 55, 105, 450, 512, 515,
707, 708, 1079, 1080; 4/196, 197,
304, 418, 694, 872, 895, 1102, 1108,
1111, 1127; 5/14, 15, 213, 416, 582,
668, 709, 710, 975, 984, 987, 991
сополимеры 1/14, 114, 115, 118, 175,
629–631, 640, 716, 719, 720, 724,
725, 845; 2/284, 631, 705–708,
921, 1150; 3/54, 123, 192, 646,
1193, 1196–1199, 1234, 1236;
4/40, 306, 589, 734, 765, 869, 870;
5/47, 122, 235, 447, 977
бис-(Акрилонитрил)никель 3/476
Акрихин 1/112, 304, 440; 4/239, 524
Акриид 1/107
Акролеин 1/118, 71, 116, 117, 119, 139,
180, 193, 196, 198, 422, 423, 522, 628,
1057, 1146; 2/245, 662, 665, 672,
1081; 3/105, 673, 739, 950, 1019;
4/193, 197, 718; 5/222, 428, 726
Акрофол 1/956
Акселераторы 1/162
Аксальное и экваториальное положе-
ния 1/119, 416, 464; 2/95, 131, 368,
909–913; 3/333, 767; 4/309, 577,
605, 854, 856; 5/292, 308, 312, 383,
385, 543–545, 662, 720
Актеллик 2/470
Активаторы, см. *Активные вещества*
(соединения), *Активные центры*
Активационный анализ 1/119, 120,
121; 2/387, 503, 712; 3/402, 431;
4/327, 436; 5/554, 1016, 1023. См.
также *Нейтронные методы*
Активация процессов 1/151, 1015,
1053, 1216–1220; 2/48, 49, 875, 876;
3/420, 931, 933, 934, 975. См. также
Активность, *Активные вещества*
(соединения), *Активные центры*,
Катализ, *Катализаторы*, *Кинетика*
химическая, *Ферменты*, отдельные
методы
анализа, см. *Активационный анализ*
энергия 5/952, 338, 683, 953; 1/126,
380, 548; 2/125, 130, 200, 388,
662; 3/651, 1062; 4/414, 416, 419–
422, 424, 1029. См. также *Гиббса*
энергия
энтропия 2/754; 3/395; 4/415; 5/352
В, Т-Активны 2/427

- Активированные соединения, см. *Активные вещества (соединения)*
- Активированный комплекс, теория 1/121, 122–125, 375, 546, 547, 1051, 1217; 2/125, 130, 689, 754, 756, 918, 967; 3/258, 259, 468; 4/407–409. См. также *Интермедиаты, Переходное состояние*
- и вторичный кинетический изотопный эффект 2/758
- и поверхность потенциальной энергии 1/121, 122; 3/1175–1178
- и реакции Дильса – Альдера 1/199
- каталитические 2/662, 688
- мономолекулярные 3/257–259
- твердофазные 4/411, 412
- и реакционная способность 4/418–424
- и теория столкновений 4/871
- и трибохимия 4/1256
- «порядок связи – энергия связи», метод 3/1178
- Активность**
- биологическая и структура системы 2/942
- и синергизм 4/695
- иммунная антител 2/1123
- катализаторов 1/125, 126, 1050, 1054, 1055, 1059; 2/666, 667, 680, 685, 689
- центры, см. *Активные центры*
- коррозионная среды 2/321, 322
- окислительно-восстановительная ионов 2/710, 711
- оптическая 3/772, 210, 773, 786; 1/619; 2/128, 810; 4/858; 5/538
- пестицидная 3/992, 994, 995
- поверхностная 3/1159, 1160, 1163, 1171
- растворенных веществ 3/829
- реагентов, кинетический фактор 2/689
- термодинамическая 1/126, 127; 2/901; 3/47; 4/154, 155, 187, 365; 5/101, 422–424, 465, 466, 499
- и электродный потенциал 3/431; 5/840
- коэффициенты 1/1065; 2/7, 8; 3/829; 4/365, 366
- произведение 4/187, 188, 356; 1/1065; 2/1254
- электронов в электролите 5/841
- ферментов 1/549, 578, 1126; 2/661, 1194; 4/430; 5/148, 152, 159
- Активные вещества (соединения).** См. также *Активация процессов, Активность, Активные центры*, отдельные химические элементы
- аллотермические 1/1152
- белки 4/426, 427; 5/271
- в лазерах 2/1115–1127
- глина 1/1057
- диоксид кремния 2/377
- дieleктрики 2/208, 209
- для дубления 2/234
- для катализаторов, см. *Промоторы, Ферменты*
- для люминофоров 2/1225–1228; 4/598, 1055; 5/24, 446–448
- для отбеливателей 4/699
- для суперсенсибилизации 4/626
- для флотации 5/208
- как органические реагенты 4/397
- красители 1/127; 2/976–978, 982, 991, 992, 995, 996, 1096; 3/382
- азиновые 1/128; 3/998
- азокрасители 1/128; 3/998
- антрахиноновые 1/128, 353
- в цитохимии 5/769, 770
- винилсульфоновые 1/128, 129; 3/998
- дисперсные 2/151, 152
- фталонитриновые 1/128
- ил 3/861; 5/675
- лигнин 1/1101
- сажа, см. *Технический углерод*
- уголь 1/129, 130, 329, 430, 884, 901, 902, 1072, 1101; 2/13, 19, 231, 323, 325, 504, 766, 1165, 1174; 3/324, 864, 894; 4/132, 134, 221, 222, 1142, 1223; 5/43, 238, 704, 1052, 1053
- эфиры 1/1151; 3/931, 933, 934
- Активные центры**
- деструкции полимеров 2/38
- и метод фотопоследствия 5/356
- катализаторов 4/193. См. также *Катализ, Катализаторы*
- поверхности тел 1/1050, 1051
- ансамбли 1/1059
- Бренстеда 1/1056, 1057
- Льюиса 1/1056
- ферментов 5/152, 159
- ферродоксина 5/162
- Активный эксперимент** 3/640, 641, 1106–1113
- Активен 5/49
- Актив 1/130, 131, 470; 3/176–178, 199; 5/1049
- Актинидин 3/1048
- Актиниды, см. *Актиниоды*
- Актиний 1/131, 1002; 3/403, 957, 958; 4/299, 323–325; 5/10, 366, 937
- Актиниоды 1/131, 106, 132, 133; 2/518, 519, 563, 624, 1107, 1111, 1214, 1226, 1227; 3/26, 57, 76, 413, 414, 423–426, 566; 4/213, 214, 432, 618, 685, 809, 949, 955–961, 1218–1220; 5/73, 81, 160, 164, 694, 936, 1016. См. также отдельные химические элементы
- Актинометрелиты 1/386
- Актинометрия 1/133, 134; 5/357
- Актиномицеты 1/134, 135; 2/187; 5/740
- Актиномицины 1/134, 321; 2/34, 361; 3/927, 934; 5/132
- Актинон 4/323–325
- Актиниурин, ряд 4/322–325; 5/366
- Актинон 1/1029
- Актомнозновый комплекс 3/176, 177
- Акуаминин 2/457, 458
- Акулеатизид А 4/578, 580
- Акустические материалы 1/136, 137–139; 2/495, 1028, 1072; 3/242, 418; 4/1022, 1024
- Акустические методы
- газовый анализ 1/915
- дефектоскопия 2/49, 50
- коагуляция аэрозолей 1/448
- спектроскопия 1/135, 136
- эмиссионные 2/49
- Акустические устройства**
- и волны, режим кипения 2/763
- инфразвуковые 2/490, 491, 492; 5/60
- оптические 2/495
- релаксация 4/463
- ультразвуковые 2/146; 5/59–62
- форсунок 4/348, 349
- Акутулин 3/274, 275
- Акцепторно-каталитические реакции
- поликонденсация 3/1258, 1260
- полимеризация 4/95
- Акцепторы. См. также *Кислоты и основания*
- и стабилизация полимеров 4/815–817
- ферментов 4/1241, 1242
- Акцизные смолы 3/447
- Аланаты 1/220
- алатия, см. *Литий, аланат*
- Алангизид 1/145
- Алангимин 1/145
- D-Аланил-D-аланинсинтетазы 5/740
- β-Аланилгистидин 2/655, 656
- Аланилглицинамид 2/414
- β-Аланил-N-метилгистидин 1/303
- Аланин(ы) 1/138, 139, 249, 250, 254, 304, 415, 471, 951, 1029; 2/364, 414, 655, 736, 813, 905, 1169; 3/198, 472, 570, 594, 619, 620, 622, 810, 877–879; 4/217, 642, 893, 895, 1010, 1075, 1260, 1261; 5/2, 243, 420, 422, 582, 769, 784, 794, 1041
- Аланинпраемаза 5/740
- Алаозин 3/927
- Алатон 4/27
- Алахлор 1/1029
- Алгогены 3/846
- Алгоритмизация моделирования и управления 2/747, 748; 3/195, 196
- Алебастр 1/870, 1123; 2/589
- Александрит 2/222, 223
- Александрова – Гуревича уравнение 4/485
- Ализарин 1/139, 209, 353, 354, 944, 986; 2/135, 136, 445, 747, 822, 972, 976; 3/686, 689, 690, 785, 786, 1056, 1057
- индикаторная бумага 2/1148
- комплексон 3/690
- крапплак 2/971
- красители, см. *Ализариновые красители*
- масло, см. *Ализариновое масло*
- Ализариновое масло 1/139; 2/660, 971, 996; 3/1163; 4/919
- Ализариновые красители
- желтые 3/1054
- коричневый 3/690
- красный С 1/139, 140; 2/449, 1216; 5/762
- сафилор Б 1/354
- цвянны 3/689, 691
- Алисфер 2/261, 262
- Алит 2/588
- Алитирование 2/321, 1154; 5/451
- Алифатические соединения** 1/140, 745, 750, 751, 957–959, 1094–1096, 1129; 2/10, 98, 99, 110, 170, 171, 177, 213, 214, 314, 345, 638, 639, 899, 900, 907, 909, 941, 972, 1147, 1219; 3/81, 552, 553, 603, 765, 784, 1201–1210, 1245–1247, 1260; 4/93, 94, 659, 660, 912, 913; 5/36. См. также индивидуальные представители
- азотсодержащие, см. *Азосоединения, Амины, Диазосоединения, Нитросоединения, Нитросоединения*
- алкоголи, см. *Аминоспирты, Галогеноспирты, Спирты*
- альдоксимы и кетоксимы, см. *Оксимы*
- ацилзамещенные, см. *Амиды карбоновых кислот, Имиды карбоновых кислот*
- гидразины, см. *Гидрозины замещенные органические*
- дикислородные, см. *Пероксидные соединения органические*
- карбонилсодержащие, см. *Альдегиды, Кетоны*
- кислоты, см. *Альдегидо- и кетокислоты, Карбоновые кислоты, Оксикислоты*
- углеводороды галогензамещенные 1/945, 941, 943, 946–949, 955; 2/82, 432; 3/405, 573, 738, 739, 764, 785, 833, 884, 938, 1059, 1117. См. также *Фторорганические соединения*
- непредельные, см. *Ацетилен, Ненасыщенные углеводороды, Олефины*
- предельные, см. *Насыщенные углеводороды*
- фановые, см. *Циклофаны*
- диансодержащие, см. *Изоцианаты, Нитрилы*
- циклические, см. *Алициклические соединения*
- эфиры, см. *Ацетали и кетали, Душистые вещества, Эфиры простые, Эфиры сложные*
- Алициклические соединения** 1/141, 142, 143, 442, 659; 2/33, 36, 37, 107, 599, 600, 899, 900; 3/784; 5/96, 141, 744, 745. См. также *Душистые вещества, Терпены, Циклические соединения*
- алмазоподобные, см. *Адамantan*
- аннулены 1/312, 313
- гексахлоран, см. *Гексахлорциклогексан*
- диены 1/98–102
- каркасные, см. *Полиэдрические соединения*
- красители 2/972
- мостиковые, см. *Мостиковые соединения*
- нафтенны 3/378, 379, 380. См. также *Нафтенные кислоты*
- оксоулероды 3/723, 724
- спираны, см. *Спиросоединения*
- стереономеклатура 3/571
- стерии 4/859, 860, 861
- тропины 5/20, 21
- циклоалкены, см. *Циклоолефины*
- циклопарафины, см. *Циклоалканы, Циклопексан*
- Алиэстеразы 2/635; 5/1038
- Алкагест 1/189
- Алкадиены 2/98, 99; 5/266
- Алкалиметрия 2/770; 4/467
- Алкалоиды 1/143, 144; 5/957. См. также индивидуальные представители
- амариллисовые 1/223, 224; 5/1052
- бобоамх, см. *Физостигмин*
- гомояпорфиномы 5/120
- гомояпорфинодиеновые 5/119
- гомояпорфиноновые 5/120
- гомояоритриновые 5/120
- дафнифиллума 1/144, 143
- диптереновые 2/171, 172, 173; 5/1051, 1052
- изохинолиновые 2/398, 399–401; 1/143, 533, 534; 3/275, 1022, 1023; 4/398; 5/23, 524
- индолы 2/457, 458–460; 1/148, 619, 653, 654; 4/873; 5/520, 524, 967, 968, 1051, 1052
- ипекакуаны 1/145, 143
- иридиновые 1/143
- как маточные средства 2/1321
- клавинные 5/967, 968
- колхичиновые 2/861, 862, 863; 5/119, 120
- лнкоподнума 1/146, 143, 147; 3/1047
- лупина 5/524, 525
- морфинановые 3/274, 275, 276
- наркотические 1/296, 297
- нейротоксические 5/1040, 1041
- нефринные 3/1081, 1082
- номеклатура 3/573
- оксазолы 3/679
- определение 1/672; 2/114; 5/659, 947
- пептидные 3/923, 924, 934; 1/143; 4/651, 652; 5/967, 969
- пиридиновые 3/1047, 1048; 5/1051, 1052
- пирролидиновые 1/1181
- пирролизидиновые 3/1081, 1082, 1083; 5/591
- плауна 1/143, 146, 147
- получение 2/966; 3/156; 4/279
- противоопухолевые 2/605, 606; 4/236
- пуриновые 4/274, 268, 269, 275, 774, 775; 1/143; 2/966, 967, 1085; 3/786; 5/593, 707
- разделение 2/1171
- реалиновые 4/397, 398
- секуринги 1/147

- сесквитерпеноидные 3/1047
стероидные 4/861, 862, 865; 1/1181; 2/959
структура 1/519, 606
тропановые 5/17, 18, 591; 4/530
фенантреноиднолизидиновые 5/117, 118
фенетилизохинолиновые 5/119, 120
хемостерилизаторы 5/449
хинолиновые 5/520, 521; 1/143
хинные, см. *Хинин*
хинолизидиновые 2/1321
хинолиновые 5/527, 537
хлорсодержащие 3/1082
элаокарпуса 1/147, 148
эрглиновые, см. *Эргоалкалоиды*
эритриновые 5/969, 970
яды растений 5/1051–1053
Алкаиды 1/1133–1135. См. также *Гликоли*
Алканолмины 1/254, 264–266, 901, 902, 931, 932; 2/970; 4/700, 1249
Алканолы 4/313, 803
Алкансульфокислоты 4/923, 924, 1150, 1155. См. также *Метансульфокислота*, *Сульфокислоты*
галогензамещенные 4/934, 935, 1150
эфир 3/293. См. также *Сульфонаты*
Алкансульфонаты 1/148, 149; 4/698, 918, 927; 5/207, 974. См. также *Алкисульфонаты*
Алкантиолы 4/1139, 1160; 5/700
Алканфосфонаты 1/149; 5/276. См. также *Алکیلфосфонаты*
Алканы. См. также *Насыщенные углеводороды*
как поробразователи 3/911
молекулярные графы 1/1197, 1198
нефрей 3/458–465
получение 1/63; 2/28, 275, 645, 678, 1148; 3/407, 449, 450, 738, 739, 765
свойства 1/142, 195, 307, 869, 910, 1161, 1163; 2/100, 369, 670–672, 899, 900, 913, 1276; 3/79, 101, 237, 533, 546, 671, 738; 4/390, 391; 5/622, 623
Алкатыны 4/80–82
1-О-(1-Алкенил)-2-ацил-*sn*-глицерин 3/1096
Алкенилбораны 1/594
Алкенилгалогениды 4/170, 1134; 5/549
1-О-(1-Алкенил)-*sn*-глицерин 3/1096
Алкенилгалогенирование 1/149
Алкенилдемеркуривание 1/149
Алкенилрование 1/149, 150; 5/276
Алкенилкарбены 5/732
Алкенилматгийгалогениды 1/1205
2-Алкенил-2-оксазолины 3/683
 α -Алкенилфосфоновые кислоты 5/276
Алкенилциклоалканы 3/406
Алкенилжарная кислота 1/286
агидрид 4/173
эфиры 4/439; 5/792
Алкеноксыды 4/804; 5/368
Алкенилсульфокислоты 4/923
Алкенилсульфонаты 4/927–929
Алкены. См. также *Олефины*
активные 3/1079
молекулярные графы 1/1197, 1198
органоксиды, см. *Олефиновые комплексы переходных металлов*
получение 2/29, 645, 717; 3/79, 506; 4/620, 1152; 5/783
свойства 1/187, 841, 1163; 2/74, 100, 139, 313, 639, 646, 647, 874, 1148, 1236, 1252, 1293, 1294; 3/28, 81, 486, 507, 531, 533, 549, 571, 685, 760, 1083; 4/177, 312, 416, 533, 693, 694, 804, 906, 916, 918, 923, 928, 934, 1131, 1135, 1137, 1138, 1150; 5/8–10, 737
терминальные 2/312
Алкидные смолы 1/150, 151–154, 157, 717; 2/660, 808, 1014, 1273; 3/282, 445, 743, 897, 916, 991, 1139, 1140; 4/51, 95, 199, 444, 445, 739, 870; 5/26, 134, 377, 551, 787, 985, 1006, 1058
искусственные латексы 1/788, 790
кислотное число 2/770
кислотные 2/1092
лаки и эмали 1/510, 1207; 2/1128, 1129, 1296, 1297; 3/445
резиновые 1/151
силоксановые 1/153
стирольные 1/153, 154
уретановые 1/153; 5/72, 73. См. также *Урлидиновые смолы*
Алкил 1/154, 159
1-Алкиладамантан 1/34
Алкилазиды 1/72–74
Алкилазины 5/778
N-Алкилазириды 2/909
Алкил-2H-азирин 1/76
Алкилазотинны 2/288
Алкилакрилаты 2/544; 3/905
2-Алкил-2-алкоксисебозин 1/508
Алкилалкоксисиланы 1/171
Алкилалюмоксаны 4/203
Алкиламыды 3/830, 831, 1168, 1251
1-(2-Алкиламиноэтил)-2-алкил-3-метилдизадолиннийметилсульфаты 4/699
Алкиламинирование 5/778
Алкиламиноалкансульфонаты 3/1167, 1168
1-Алкиламиноантрахины 2/302
1-Алкиламино-4-ариламиноантрахины 2/78
2-Алкиламино-3H-1,4-бензодиазепины 1/504
N-Алкиламинобензолы 1/154, 155. См. также *N-Алкиламинилы*
1-Алкиламино-4-бромантрахион 2/78
N-Алкил-4-аминодифениламин 1/248
Алкиламинокарбонные кислоты 3/1166
N-Алкил-2-аминопиримидины 3/952
2-Алкиламинопиридин 1/261
Алкиламиносефарозы 1/418
Алкиламинофенилкарбонные кислоты 3/1166
N-Алкил-*m*-аминофенолы 2/1082
Алкиламин 1/270, 337, 424, 545; 2/85, 1010, 1085; 3/506, 518, 832, 1168, 1169; 4/536, 1249; 5/978
вторичные и третичные 3/106
оксидтиллированные 3/715, 716, 1165, 1169; 4/699
C₈ – C₁₀-производные 1/453
сульфиды 2/963, 964
Алкиламоний-катионы 1/158, 160, 164, 280
N-Алкиламиназины 1/290
N-Алкиламинилы 1/154, 155, 271, 306, 952; 2/71, 964
Алкилантрагидрохиноны 1/779, 780
Алкилантрахины 1/155, 156, 780, 952, 1090; 2/6, 380; 5/535
Алкиларилкарбиловые соединения 1/76, 708, 709; 5/359
Алкиларилнитроксилы 3/544, 545
Алкиларилы эфиры 5/142
Алкиларилсульфиды 4/911, 912
Алкиларилсульфокислоты 4/1012
Алкиларилсульфонаты 2/474; 3/1164, 1168; 4/928, 1150; 5/207
Алкиларилсульфоны 1/127; 4/933, 934
 β -Алкил(арил)тиопропионитрилы 5/709
Алкил(арил)феноксиуксусные кислоты 1/164
Алкил(арил)феноло-формальдегидные смолы 1/156, 157, 163, 634, 645, 646, 847; 3/568; 5/134, 135
Алкиларилфосфаты 3/1117
Алкиларилфосфоновые кислоты 5/207
Алкиларилы 3/791
Алкиларилэтилсульфаты 3/1163
Алкиларсоний-катионы 1/385
Алкиларсонистые кислоты 3/310
Алкиларсоновые кислоты 1/385; 3/1168
Алкилат 1/157, 327, 500, 640; 2/46; 3/278, 446, 726, 727, 913; 4/197
1-О-Алкил-2-ацетил-*sn*-глицеро-3-фосфолины 5/245, 269
Алкилацетиленгликоли 3/1165, 1166
Алкилацетилены 1/430; 2/887, 888
Алкилацетоксуксусные эфиры 1/440
1-О-Алкил-2-ацил-*sn*-глицерин 1/165
Алкилацилфосфолпиды 3/1096
Алкилбензальдегиды 1/983
бис-(Алкилбензил)дисульфиды 4/172
Алкилбензилпиримидинийхлориды 2/693, 694
1,2-бис-(Алкилбензилтио)этан 4/439
Алкилбензилхлориды 2/694
Алкилбензимидазола 1/497, 498
Алкилбензин, см. *Алкилат*
Алкилбензилпропионовые кислоты 5/1059
Алкилбензоксалола 1/511
Алкилбензол(ы) 1/158, 155, 160, 500, 512, 567, 579, 983, 1110; 2/13, 671, 880, 1273; 3/450, 463, 726, 936, 1061; 4/61, 697, 698
Алкилбензолсульфонаты 1/158, 159, 1111; 3/185, 740, 992, 1163, 1169, 1170; 4/698, 700, 927, 929; 5/974
гидротропы 1/1110, 158, 1111; 3/284; 4/700
Алкилбензолсульфоновые кислоты 1/340
Алкилбензолы 5/305, 785, 1059
2-Алкилбензотназола 1/527
Алкилбетаины 3/1167
Алкилбораны 1/176, 594, 595, 599, 600, 602
Алкилбораты 1/582, 588; 5/1009
Алкилборди хлориды 1/594
Алкилбразы 3/894
Алкилбромиды 1/592, 605, 1203; 2/32, 120, 695, 1204; 3/32
2-Алкилбутадиеп 1/155
Алкил(этер-бутил)кетоны 5/545
Алкил-трет-бутилпероксиды 1/643
Алкилбутиролактоны 5/56
Алкилвинилкетоны 4/528, 529
Алкилвиниловые эфиры 1/118; 3/734, 1227
Алкилгалогениды 1/154, 198, 200, 210, 230, 235, 251, 254, 261, 269, 270, 272, 280, 360, 361, 385, 434, 527, 592, 593, 1084, 1205; 2/31, 32, 83, 171, 176, 186, 310, 311, 371, 379, 416, 456, 511, 645, 646, 710, 711, 717, 811, 863, 869, 874, 889, 899, 900, 938, 970, 971; 3/32, 33, 61, 106, 179, 315, 316, 502, 506, 516, 530, 549, 554, 557, 722, 738, 765, 790, 791, 801, 825, 905, 936, 977, 1019, 1028, 1059, 1090, 1091, 1229, 1263; 4/872, 916, 925, 932, 1102, 1126, 1127, 1135, 1138–1140, 1143, 1150, 1154, 1156, 1157, 1204, 1252; 5/93, 94, 132, 141, 195, 219, 367, 368, 430, 794, 939, 986, 1008. См. также *Алкилбромиды*, *Алкилдиолы*, *Алкилхлориды*, *Галогензамещенные углеводороды*, *Гриньяр реактивы*, *Фторорганические соединения*
Алкилгалогенфосфины 5/277
Алкилгидразины 1/1070, 1072, 1074–1076; 3/28; 4/392, 1198
Алкилгидразон 1/1073
Алкилгидроксамовые кислоты 5/207
Алкилгидроксилмины 1/1095; 3/678, 702; 4/1197, 1198
1-Алкил-1-гидрокси-3-идаиноны 2/439
2-Алкил-3-гидрокси-1,4-нафтохиноны 3/707
Алкилгидроксинолины 5/825
Алкилгидрохиноны 1/532
Алкилгипофосфиты 5/279
Алкилгипохлориты 1/960; 4/931, 932
О-Алкилгипоксиды 5/197
1-О-Алкил-*sn*-глицерофосфат 1/165
7-Алкилгуанин 3/294
Алкилдиазирин 2/67, 68
3-Алкил-3H-диазирин 2/69
Алкилдиазогидроксилы 3/294
Алкилдиазония соли 3/603
2-Алкил-4,4-диалкил-2-оксазолины 3/683
N-Алкил-1,4-диаминоантрахиноны 2/77
Алкилдиарилсульфония соли 4/931
Алкилдиарилтиофосфаты 3/1091
Алкилдиацилглицериды 2/1189
2-Алкил-2,3-дигидроперимидины 3/952
2-Алкил-3,4-дигидропиримидин 3/1050
1-Алкил-1,2-дигидрофталазины 5/375
Алкилдиимины 2/751
 α -Алкил- β -дикетоны 2/814
Алкилдиметиламинооксид 1/18
Алкилдиметиламинийхлориды 1/453
Алкилдиметилбензиламиний 1/338
2-Алкил-4,4-диметил-2-оксазолин 3/683
Алкилдиоксидянтарные кислоты 4/699
N-Алкилдисульфамиды 4/898
Алкилдитиокарбаматы 1/271; 4/1147
Алкилдитиофосфаты 1/962
Алкилдиоксисиланы 1/1108
Алкилдиоксифосфаты 1/1147; 3/112
Алкилдиоксифосфины 1/964
Алкиленамины 3/734; 4/200
Алкиленгалогениды 4/95
N-Алкилен-L-гидроксипролин 2/1172
Алкилендиаминотетрауксусные кислоты 5/794
Алкилендиамины 3/1029; 5/794
Алкилендигалогениды 4/84, 1127
N,N'-Алкилен-бис-(метакриламиды) 3/69
Алкиленоксиды 2/285; 3/730–732, 833, 911, 1210; 4/93, 94, 699
Алкиленсульфиды 3/733–735
Алкилендиамины 3/548
Алкилденарсораны 3/315, 316
5-Алкилденгидрантоны 1/1067
Алкилдендигидропиридины 3/1019
2-Алкилден-1,3-диоксола 1/811
Алкилдендиоксильные радикалы 2/419; 4/303
 β -Алкилден- β -лактоны 2/740
Алкилденная группа 2/325
4-Алкилден-5-оксазолины 2/22
Алкилденфосфораны 1/198, 752, 753; 2/404, 647, 746; 3/739, 740; 5/241, 242, 258, 259, 277, 292
Алкилденитяжные кислоты 5/792, 793, 1058
Алкилидины 2/625–627
N-Алкилизопропанолмины 2/379
Алкилизотопианат 5/1059
S-Алкилизотиониевые соли 4/1140
Алкилизотионаты 2/345, 401, 403
Алкилидиазолины 3/1167, 1168; 5/949

- Алкилиодиды 1/428, 592, 1162, 1203; 2/120; 3/29, 32, 541, 796, 951, 952, 981; 4/158, 159, 528, 912; 5/277, 659
- Алкилирование 1/159, 168, 598, 710, 711, 1070, 1074, 1075, 1095, 1160, 1222; 2/83, 90, 95, 244, 360, 373, 374, 380, 411, 416, 419, 420, 456, 678, 1137, 1138; 3/123, 444, 449, 450, 462, 515, 552, 554, 721, 738, 740, 791, 980, 1025; 4/66, 648, 757, 905, 908, 913, 916, 933, 938, 1135, 1157, 1204; 5/131, 141, 449, 629, 733, 982, 1011, 1012
- аренов, см. *Фриделя – Крафта реакция*
- в звуковых полях 5/60
- восстановительное 2/117
- заместительное 2/314, 409, 745, 889; 5/907
- и нодирование 5/311
- и кватернизация 1/279; 3/1029
- и конденсация 2/889
- и переалкилирование 3/936
- каталитическое 2/117, 380, 665, 667, 678, 679, 682; 3/25, 122, 252, 516; 4/193, 1111; 5/34, 142
- мутагенное 3/294, 295
- по Абрамову 1/2, 3
- по Арбузову 5/312
- по Габриелю 1/874
- по Клею – Киннеру – Перрену 5/312
- по Курциусу 2/1106
- по Меншуткину 3/61
- по Михаэлису – Беккеру 3/179, 180
- по Мицунубо 3/187
- по Сёренсену 1/874
- по Сторку 3/1080; 4/872, 873
- по Хеку 5/438, 439
- по Циглеру 5/710, 711
- С-присоединение 1/159, 160, 711; 2/244, 245; 3/556, 1080; 4/872, 873
- О-присоединение 1/159, 711; 3/294, 295, 552, 554, 556
- Н-присоединение 1/159; 2/116; 4/872
- С-присоединение 1/159; 2/179; 4/1161
- радикальное 3/557; 4/312
- селективное 2/667, 1093
- ферментативное 3/294, 295, 598; 4/860
- Алкилкарбонаты 5/239, 990
- Алкилкарсантогенаты 5/779
- Алкилксантоны 2/88
- Алкиллитий 1/210, 374, 658; 2/1203; 3/79; 4/621; 5/1008
- Алкилмалитгалогениды 1/969, 1203, 1205; 2/651; 4/1145; 5/263
- Алкилмалениаты 1/788
- Алкилмалоиновые кислоты 2/813
- эфир 2/1275; 3/180
- Алкилмеркаптаны 4/1135
- Алкилметакрилаты 3/905
- Алкилметилкетоны 1/970, 971; 4/737, 738
- Алкилметиловые эфиры 5/1008
- Алкилмоноглицериды 5/207
- Алкилмонооксигенаты 1/165
- Алкилмочевины 1/1075; 3/1125
- Алкилатрий 5/1008
- Алкилнафталины 1/286, 517, 1089; 3/277, 372, 445, 463; 4/173
- Алкилнафены 2/678
- Алкилнафтиридиний-ионы 3/383
- Алкил- α -нафтиридинии 3/383, 384
- Алкилнафтолы 3/1165
- Алкилнафтолостирол 3/131
- Алкилнитраты 2/938; 3/505–507, 558; 4/174, 279, 527
- Алкилнитриты 1/464, 465; 2/75; 3/506, 507, 518, 519, 534, 535, 979
- Алкил-N-нитрозо-N'-нитрогуанидины 3/293, 294
- 3-Алкилосазиридинии 3/677, 678
- 4-Алкил-5-оксазолион 2/22
- Алкилолеаты 4/919
- Алкилоловотригалогениды 3/762
- Алкилпергалогениды 5/295
- Алкилперимидинии 3/952
- Алкилпероксиды 3/975, 976, 978
- Алкилпероксикарбаматы 3/975
- Алкилпиперидины 2/858
- Алкилпирразины 3/1033
- Алкил(N-аралкил)пиридиния соли 2/963, 1113; 3/1019, 1045–1047; 4/267
- Алкилпиридины 1/424, 824; 5/778
- Алкил-2-пиридоны 3/709; 4/267
- Алкилпирогаллолы, диметилвые эфиры 2/226
- Алкилпирролидины 1/644
- Алкилпирролы 2/814
- Алкилполиоксизтиленсульфаты 1/161
- Алкилполифторалкилгалогенфосфины 1/965
- Алкилприцинолеат 4/918
- Алкилмеркургалогениды 4/551
- Алкилсерные кислоты 4/905, 908
- соли, см. *Алкилсульфаты*
- Алкилсиланы 2/1032; 3/989
- Алкилсилатраны 4/672
- Алкилсиликаты 1/170–172. См. также *Алкилсиланы и арилсиланы*
- Алкилсульфамиды 1/438
- Алкилсульфаты 1/160, 161, 261; 2/619; 3/530, 1163, 1164, 1169, 1170, 1233; 4/698, 700, 904–908, 919, 1145, 1204; 5/780, 1009
- авироль 1/16, 17, 1012
- Алкилсульфеилгалогениды 1/597; 3/733
- Алкилсульфиды 1/952; 4/515, 543
- Алкилсульфиты 4/921, 922; 5/1009
- Алкилсульфокислоты 2/91, 294
- эфир 1/711; 4/929, 931; 5/794, 949. См. также *Алкилсульфонаты*
- Алкилсульфонаты 1/148, 149; 2/311; 3/740, 791, 825, 1163, 1164, 1169, 1170; 4/912, 922, 1204; 5/571
- Алкилтетракарбонилкобальт 2/830
- Алкилтиольные радикалы 4/1123
- Алкилтираны 3/734
- Алкилтиоенамины 1/420
- Алкилтиоимидаты 3/1028
- Алкилтиокарбены 4/913
- Алкилтиосерные кислоты 2/171, 178; 4/1150
- Алкилтиосульфаты 4/1134, 1139, 1149
- Алкилтиофены 1/824
- Алкилтиоцианаты 4/1165–1169
- Алкилтиурамсульфиды 1/162, 163
- Алкилтиурамы 1/162, 163
- Алкилтозилаты 2/938; 3/765
- Алкилтолуолсульфамиды 4/1204
- Алкил-1,3,5-триазины 4/1248
- Алкилтриацетоксисиланы 1/1044
- Алкилтриметиламмонийхлорид 1/18; 5/780
- Алкил-N,N,N'-триметилендиаммоний-ацетаты 2/83
- Алкил-N,N,N',N'-три(полиоксизтилен)-триметиленидиаминии 2/84
- Алкилтрихлорсиланы 3/801
- Алкилтиоугольные кислоты 2/639
- Алкилуксусные кислоты 5/710
- Алкилфеанатрены 3/463; 4/740, 741
- Алкилфенилполиглицколевые эфиры, алкилфосфаты 1/164, 165
- Алкилфенилэтилового спирты, сульфотоксилаты 3/1164
- Алкилфенилсилиоксаны 5/128
- Алкилфенолы 1/163, 164; 2/1, 15, 1044, 1150; 3/563, 708, 911; 4/171, 173, 340, 557; 5/132, 133, 135, 141, 142, 825, 949
- оксизтиленовые 3/715, 716, 1165, 1168, 1169; 2/152; 4/699, 1012; 5/950
- сульфиды 1/286; 4/172. См. также 2,2-Диф(4-гидроксифенил)пропан
- Алкилформазаны 5/219
- Алкилформамиды 2/1155
- 2-Алкил-1-формилциклопентены 2/743
- Алкилфосфаты 1/164, 165, 339; 2/436; 3/1164; 4/699, 1162, 1168; 5/255
- Алкилфосфины 2/626
- Алкилфосфиты 4/1264; 5/268
- Алкилфосфолипиды 1/165
- Алкилфосфонаты 1/149. См. также *Алкилфосфонаты*
- Алкилфосфонистые кислоты 1/253
- Алкилфосфоновые кислоты 3/1168; 5/276, 606
- Алкилфосфорные кислоты 1/149, 164; 2/519; 5/949
- Алкилфталимиды 1/874
- Алкилфториды 5/294
- Алкилфторфосфины 1/964
- Алкилфураны 1/824
- 1-Алкилхиолиний 3/317; 5/526
- Алкилхлораминии 3/678
- Алкилхлориды 1/592, 1203; 2/32, 1204; 3/32, 801; 4/757, 922, 1134, 1139; 5/195, 239
- Алкилхлоркарбонаты 3/507
- Алкилхлорсиланы 2/297; 5/128
- Алкилхлорсульфаты 4/907
- Алкилхлорсульфонаты 4/922
- Алкилхлорформаты 4/1153
- Алкилциклогексаны 3/1061
- Алкилциклогексилэтилсульфаты 3/1163
- Алкилциклопентаны 3/1061
- Алкилциклопропаны 5/739
- Алкильная группа 1/154, 159
- Алкильные комплексы переходных металлов 3/736; 4/467
- Алкильные радикалы 4/300, 304, 316
- Алкилэкозагалогенбензолы 1/528
- Алкилэтоксисиланы 1/172; 2/297
- Алкилэтоксисульфаты 4/698
- Алкилэтоксифосфаты 4/699
- Алкилэфирсульфаты, см. *Авироль*
- Алкильные соединения, см. *Алкины*
- Алкинолы 5/1000
- Алкины 1/165, 76, 150, 1084; 2/246, 360, 361, 646, 647, 1107, 1108, 1148, 1236, 1293; 3/477, 486, 760; 4/500, 501, 533, 641, 918, 923, 924, 1135, 1137, 1155; 5/738. См. также *Ацетилен*
- бораны 1/596
- комплексы переходных металлов 3/81, 82, 475, 476
- магнийгалогениды 1/1205; 2/532, 533; 5/999
- молекулярные графы 1/1197, 1198
- сульфокислоты 4/923
- терминальные 2/312, 622
- циклоалканы 3/406
- Аллит 5/670
- Алкогели 4/672
- Алкоголи 4/800–806. См. также *Алкогели, Алкогалиты, Спирты*
- Алкогалиты 1/165, 151, 152, 1128; 2/115, 121, 304, 305, 415, 416, 1143; 3/111, 506, 1256; 4/753, 1163, 1256; 5/223, 255, 256, 266, 502, 701, 702, 1011, 1012. См. также *Спирты*
- Алкогольдегидрогеназа 1/165, 166, 609; 2/968; 3/471; 5/151
- Алкоголят-ионы 2/986
- Алкоголяты 1/166, 494, 495, 520, 658, 710, 711, 1204; 2/9, 533; 3/355, 733, 767, 768, 817, 830, 831, 1166; 4/622, 801, 867, 905, 916, 925, 1145, 1146, 1153, 1191, 1267; 5/8, 95, 96, 200, 255, 556, 641, 779, 1008
- гликоляты 1/170; 4/199
- глицераты 1/170, 1145
- комплексы Джексона – Майзеихаймера 2/132
- спиртов многоатомных 1/170
- однократных 1/166–169
- полифторированных 4/804
- циклические 3/916
- Алкозоли 2/331
- Алкокс 4/84
- Алкоксизетидиноны 2/420
- Алкоксизометины 2/288
- Алкоксиалкилакрилаты 1/115
- Алкоксиалкилнитроксилы 3/544; 4/795
- α -Алкоксиамины 2/418
- Алкоксиарены 1/508, 533, 709; 3/544, 654, 674
- Алкоксиацетилены 1/597, 992, 1040
- Алкоксибензионы 1/508
- Алкоксибензолсульфокислоты 5/139
- Алкоксибензохиноны 1/533
- Алкоксигерманы 1/1039
- Алкоксигруппа(ы) 1/170; 2/6, 326; 3/573, 796; 5/265, 659
- Алкоксидиалкилового 3/761
- Алкоксидигидрофураны 4/530
- Алкоксиды 1/647; 4/595, 839, 840
- α -Алкоксиамины 1/420
- 5-Алкоксинидол 4/654
- Алкоксинидолиацетонитрил 4/654
- Алкоксикарбены соли 2/697; 3/720
- Алкоксикарбониллирование 2/638, 640; 5/438, 439, 536
- Алкоксикарбонилпирролы 2/814
- Алкоксикарбонильные группы 2/326
- Алкоксикарбоновые кислоты 2/638
- Алкоксикетоны 1/811; 3/285
- Алкоксикислоты 1/432; 2/1143
- Алкоксильные группы, см. *Алкоксигруппа(ы)*
- Алкоксильные радикалы 4/313
- трис-[3-Алкоксиметил-(-)-камфорато]лаитаиноны 4/605
- Алкоксиафтохиноны 3/705, 706
- Алкоксипероксиды 3/659, 804, 977, 978
- Алкоксипиримидины 5/450
- β -Алкоксипропионат 5/977
- Алкоксисиланы и ароксисиланы 1/170, 171, 172; 2/804, 1013, 1019–1023, 1027; 3/800, 807; 4/671, 1111, 1162; 5/256, 279. См. также *Кремниограничные соединения*
- Алкоксисилатраны 4/672
- Алкоксисилоканы 1/151–153
- Алкоксисульфонии соли 4/925
- Алкокситоалкилакрилаты 1/115
- Алкоксифенолы 4/340
- Алкоксифосфолипиды 1/165
- Алкоксифосфораны 5/293
- Алкоксифумаровая кислота 1/432
- Алкофены 2/91
- Алланит 4/434
- Аллантоат, метаболизм 3/613, 619, 620
- Аллантоин 1/1068; 2/412; 3/279, 619, 620
- Аллантоиновая кислота 3/613
- Аллели, форма геи 1/1009
- Аллеи(ы) 1/173, 174, 176, 178, 318, 601; 2/36, 37, 96, 544, 626, 984, 1103, 1110, 1234; 3/9, 102, 108, 786, 876, 1041, 1065; 4/916, 923, 5/97, 607, 740
- Аллея реакция 1/172, 173
- Алленилсиланы 5/20
- Аллергены 1/324
- Аллидохлор 1/1029
- Аллины 4/925
- Аллил 3/569. См. также *Аллильная группа*
- хлористый, см. *Аллилхлорид*

2-Аллиламино-2-оксазоллин 3/681
Аллиламины 1/175, 176, 311; 4/196, 234
Аллилацетат 1/644; 4/308
Аллил-ацетиленовая конденсация 1/178
Аллилацетилены 1/177
Аллилбензол 1/176
Аллилбораны 1/176, 177, 178, 594, 596
Аллилбромид 1/176, 179, 181
Аллилбутилфталат 3/905
Аллилгалогениды 1/176, 179, 181–184, 186, 187, 823, 990, 1146; 3/251, 477, 733, 874, 876, 1078; 4/565, 925, 1121. См. также *Аллилхлорид*
Аллилгидразины 1/1074
Аллилгорчичное масло 1/179
Аллил(диалкил)бораны 1/176
Аллил(диалкокси)бораны 1/176
N-Аллилдиттокарбаминаовая кислота 1/179
Аллилеи 3/108
N-Аллиленамины 2/787
Аллилизотиоцианат 1/179, 415; 4/495
S-Аллилизотиуронийбромид 1/179
Аллилизотиоцианурат 4/1249
Аллилиоид 1/187, 1146
Аллилкарбонилметаллы 1/183–185
Аллиллитий 1/187
Аллилмагнийгалогениды 3/477; 5/634
Аллилмеркаптан 1/179, 180
Аллилмеркаптометилпенициллин 1/179, 180
3-Аллил-7-метилен-3-борабицикло-[3.3.1]нонан 1/178
1-Аллил-4-метоксibenзол 5/1005
4-Аллил-2-метоксифенол 5/800
Аллилиатрий 1/631
бис-(η -Аллил)никель 1/183, 185; 3/478
1-Аллил-4-л-нитрофенилтиосемикарбазид 4/1147
Аллиловые эфиры 1/180; 4/91; 5/85, 86, 238
виниловые 1/185, 199
глицидиловый 1/179, 1148; 2/707, 708; 4/31, 94, 202, 203
капроновый 2/616
тиофосфорные 3/1090
фениловый 1/176
феоноксисуксунные 3/1089, 1090
Аллиловый спирт 1/180, 119, 176, 177, 179, 184, 187, 711, 1146, 1148; 2/91, 1109; 3/59, 103, 732, 839; 4/195, 196, 199, 202, 205, 801, 802, 1097; 5/800
Аллилоксигруппа 2/786
Аллилпалладийгалогениды 1/183, 184; 4/1121
2-Аллилпиридин 4/641, 642
Аллилсахароза 1/180
Аллилсиланы 1/186
Аллилстианы 1/186
N-Аллилсукцинимид 5/1059
Аллилсульфиды 4/912
Аллилсульфинаты 4/934
Аллилсульфонат 3/1197, 1199
3-Аллилтиетан 4/1123
N-Аллилтиомочевина 1/179
O-Аллилтионкарбаматы 4/1131
N-Аллилтиосемикарбазид 1/179
(η -Аллил)(трикарбонил)железо 1/183
Аллилтрифенилолово 1/186
Аллилтрихлорсилан 2/1032
Аллилфениловые эфиры 5/1008
Аллилфенолы 5/1008
Аллилфосфиты 2/787
Аллилхлорид 1/180, 175, 179, 181, 187, 949, 1146; 3/103, 739; 4/197; 5/708, 800, 959
Аллилцианид 1/181, 179; 3/512
Аллилцианурат 4/1249
Аллилциклопентадиенилметаллы 1/184
S-Аллил-L-цистеинсульфоксид 4/925

Аллильная группа 1/185; 2/325, 786, 787, 872, 965. См. также *Аллил*
Аллильная перегруппировка 1/181, 177, 825; 3/1090; 4/169, 170, 867 и замещение, см. *Аллильное замещение*
Клайзена 2/786, 787
Коупа 2/965, 966
перманентная 1/178, 182, 185
прототропная 5/97
Аллильное замещение 1/182, 149, 183, 185; 3/739
бромирование, см. *Воля – Циглера реакции*
и изомеризация, см. *Аллильная перегруппировка*
Аллильное положение 1/181, 182
Аллильные соединения 1/185, 186, 187; 2/786, 787
бораны, см. *Аллилбораны*
галогениды, см. *Аллилгалогениды*, *Аллилхлорид*
замещение, см. *Аллильное замещение*
комплексы переходных металлов 1/183, 184, 186, 823, 987, 1053, 1055; 2/274–276, 646, 674, 1147, 1288, 1289; 3/82, 83, 251, 252, 476–478, 826, 874–876, 1131; 4/300, 301, 447, 467, 468, 551, 552, 565, 641, 642, 986; 5/634, 636, 763
перегруппировка, см. *Аллильная перегруппировка*
2-пропениламины, см. *Аллиламины*
2-пропен-1-тиол, см. *Аллилмеркаптан*
спирт, см. *Аллиловый спирт*
3-фенилпропен, см. *Аллиларены*
цианосодержащие, см. *Аллилизоцианат*, *Аллилцианид*
эфиры, см. *Аллиловые эфиры*
Алиобергантен 1/534, 535
D-Аллоза 2/1211; 3/263, 615, 616
D-Аллозолейцин 1/134, 135
Аллокоричная кислота 2/935
Аллоказин 1/525
Аллокаин 1/196, 525; 2/1084; 3/279
Аллоксантин 3/279
Аллоксидин-натрий 1/1026, 1027
Алломеины 3/36
Аллооцеин 1/187; 3/869, 1027; 4/1089, 1092; 5/938
Аллопалладий 3/871
Аллопуриол 1/188
Алостерические регуляторы ферментов 1/43, 1152; 3/625, 1083; 4/430; 5/155
Аллотропия 1/1189; 2/765, 1153; 3/656; 4/23; 5/936
Аллофан 3/164
Аллофанаты 1/566; 5/704
Аллохол 2/277
D-Аллоулоза 3/615, 616
Алмазы 1/188, 34, 574, 703, 1021, 1190, 1192, 1215, 1220; 2/47, 48, 208, 222, 223, 767, 832, 833, 1055, 1056, 1064, 1072; 3/147, 164, 257, 418, 419, 635, 636, 774, 1194; 4/23, 24, 33, 102, 104, 105, 107, 108, 561, 782, 892; 5/42, 43, 52, 53, 103, 208, 281, 387, 413, 510, 936
Алин, см. *Алины сплав*
Алпролур 4/28
Алсиферы 2/1241
Алтант 4/603, 1018, 1024
Алунд 5/387
Алуит 1/207, 213, 217; 2/560, 570, 731; 4/657, 904, 934
Алупент 3/817
Алфеиолы 2/1241
Алферы 2/1241, 1243
Алфиновые катализаторы 1/631, 632
Алхмия 1/189, 190, 191; 3/412, 785; 5/507

Алцианы 5/700
Алые соединения
кислота 1/256
красители 2/78, 149, 150; 3/376, 953; 4/74
Альба, сплав 1/459
Альбадин 3/566, 567
Альбадин 2/1286
«Альбани», сплав 1/1063
Альбедо 3/402
Альбидазол 4/225
Альбит 1/221; 3/165, 1192; 4/678
Альбумин(ы) 1/191, 192, 484, 1126, 1218; 2/227, 799, 802, 819; 3/159, 199, 1167, 1229; 4/194, 381, 935; 5/321, 333, 971
Альвар 3/1222
Альгинат-лиаза 2/1169
Альгинаты 1/192, 193; 4/36, 38, 39; 5/39, 93
Альгинат 4/579
Альгиновые кислоты 1/192, 193; 2/1145, 1169; 4/35, 36; 5/38, 93
Альгициды 1/193, 1025; 3/994; 5/418
Альгофлон 5/403
Альдегидамины 1/846; 5/799
Альдегидамины 1/193, 194
Альдегиддегидрогеназы 1/194, 317; 3/697; 4/654, 1111
Альдегид-лиазы 2/1169
Альдегидная группа 1/196
Альдегидогенные липиды 3/1095, 1096
Альдегидо- и кетокислоты 1/194, 195, 196, 253, 390, 422, 510, 519, 980, 1138, 1150, 1152; 2/108, 305, 643, 968, 969, 1109, 1169; 3/470, 700, 936–938; 4/68, 69, 513, 538, 623, 873, 1119, 1157, 1250; 5/84, 784. См. также *Оксикарбоновые кислоты*, *Оксикислоты*, отдельные представители
Альдегидоксидазы 4/524; 5/149
Альдегидоспирты 2/972
Альдегидозиферы 2/785
Альдегидтиаминпирофосфат 3/617
Альдегиды 1/196, 197–199; 5/784. См. также *Акролеин*, *Ацетальдегид*, *Бензальдегид*, *Формальдегид*, другие
Карбоновые соединения
аддукты 4/947
алифатические 1/1163; 2/9, 237, 344, 345, 697, 938, 972, 1270, 1279, 1297; 3/708, 787, 887, 965, 966, 1058, 1059; 4/207, 208, 536, 759, 923, 1191; 5/8, 114, 149, 219, 279, 783, 784, 792, 793
алициклические 2/972, 1270; 3/887, 891; 4/536; 5/793
ароматические 1/509, 680, 943, 983; 2/9, 108, 177, 344, 345, 603, 604, 787, 936, 1032, 1033, 1183, 1270, 1279; 3/682, 683, 708, 887, 891, 965, 966; 4/536, 759, 760, 1148, 1191, 1255; 5/8, 57, 114, 197, 202, 213, 433, 586, 790, 792, 793
бифункциональные, см. *Диальдегиды*
гетероциклические 2/226, 1032, 1033, 1270; 3/131, 813; 4/537, 759, 1191
ениновые 5/1000
жирно-ароматические 2/237, 787
«земляники» 1/1077
и прогоркание жиров 2/305
как дезинфицирующие средства 2/18
как красители 2/972
конденсация, см. *Альдоновая конденсация*, *Бензоиновая конденсация*, *Кроотоновая конденсация*
 α -меркурирование 5/267
метаболизм 3/617–620
мечены 3/254

α , β -ненасыщенные 1/197, 602, 656, 1074; 2/93, 750, 787, 936, 1032, 1033, 1156; 3/180, 181, 476, 735, 874; 4/562, 623; 5/266, 279, 792, 1000
номенклатура 1/196; 2/742; 3/573, 574
определение 1/112, 199, 896; 2/293, 1271; 3/7, 433; 4/622, 623, 1197; 5/114, 122, 196, 413, 782, 784, 819
получение 1/18, 183, 951, 983, 990, 1032, 1033, 1069, 1089, 1099, 1112, 1113, 1161, 1179, 1203; 2/120, 629, 639, 645, 677, 858, 970, 1089, 1108, 1270, 1271; 3/78, 346, 438, 439, 502, 515, 552, 659, 660, 667, 680, 732, 738, 792, 833, 875, 918, 1018, 1058; 4/194, 277, 341, 342, 538, 539, 759, 760, 803, 865, 866; 5/45, 46, 199, 224, 794, 943, 1011
производные, см. *Альдегидамины*, *Альдегидо- и кетокислоты*, *Альдиамин* и *кетимины*, *Альдоксим*, *Ацетали* и *кетали*, *Гидроксильдегиды* и *гидроксикетоны*
пространственно-затрудненные 4/1191
«С 14» 5/67
свойства 1/2, 3, 31, 76, 193, 194, 252, 253, 255, 265, 266, 268, 272, 316, 422, 423, 430, 440, 450, 487, 511, 518, 566, 602, 641, 655, 656, 658, 708–710, 752, 753, 846, 863, 864, 941–943, 947, 953, 964, 980, 1075, 1082, 1092, 1094, 1095, 1134, 1148, 1203, 1221, 1222; 2/8, 83, 106, 173, 178, 180, 237, 244, 398, 409, 410, 421, 456, 542, 581, 603, 604, 646, 647, 701, 742, 745, 746, 751, 809, 810, 858, 900, 1004, 1080, 1106, 1155, 1203, 1215, 1252; 3/10, 11, 268, 276, 285, 319, 516, 555, 665, 678, 680, 700, 708, 732, 739, 767, 785, 816, 817, 825, 887, 916, 952, 977, 979, 1018, 1021, 1023–1025, 1035, 1036, 1049; 4/148, 201, 313, 396, 448, 500, 501, 512, 513, 525, 802, 872, 873, 898, 916, 918, 938, 1127, 1135, 1137, 1138, 1146, 1148, 1155, 1157, 1203; 5/1, 20, 36, 60, 96, 129, 133, 134, 144, 197, 220, 260, 261, 263, 265, 278, 280, 293, 305, 311, 369, 405, 606, 607, 692, 738, 778, 825, 975, 986, 995, 999, 1000, 1011
толуиловые 4/1200, 1201
Фишера 3/131
«16» 1/1077
Альдера правило 1/199, 200
Альдикарб 1/106; 2/473; 3/115, 405
Альдиамин и кетимины 1/200, 76, 193, 199, 201, 420, 421, 423, 647; 2/420, 421, 857; 3/298, 513, 514; 4/536, 865, 866, 897, 1249; 5/159, 449, 962
Альдиты 5/37
Альдобутироновые кислоты 5/93
Альдогексозы 1/1154; 3/265, 266
Альдоза-1-эпиэраза 2/364
Альдозо-1-фосфаты 3/615, 616
Альдозы 1/221, 222, 652; 2/364, 732, 752, 1211; 3/263–265, 267, 268, 614–616, 621, 656; 4/1228; 5/37, 92, 93, 114, 375, 957
Альдокетены 2/740
Альдоксимы 1/469, 534, 1094; 2/419; 3/515, 701–703
Альдолазы 1/202, 130; 2/1169; 4/1247
Альдоли 1/202–204; 2/1080. См. также *Гидроксильдегиды* и *гидроксикетоны*
Альдоновая конденсация 1/202, 197, 203, 204, 390, 424, 652; 2/105, 421, 436, 603, 621, 642, 745, 785, 857, 889,

- 1080, 1155, 1169, 1211, 1296; 3/688, 689, 728, 767; 4/68, 512, 804, 1155, 1169, 1191, 1211, 1248, 1255; 5/60, 430, 783, 784, 792, 980
- Альдольно-кетоновая конденсация 1/204, 1204; 2/889, 1109
- Альдеомет 3/112
- Альдонитрилы 3/268
- Альдонитроны 3/547–550
- Альдоновые кислоты 2/752; 3/267, 615, 616, 621
- Альдонолактоназа 1/746
- Альдонолактоны 2/752; 3/267
- Альдопептидозы 3/265
- Альдостерон 1/484, 1173; 2/181, 958–960, 1200; 4/468
- Альдотетрозы 3/265
- Альдотриоза 1/1146, 1147; 3/263
- Альдрин 1/998; 2/470; 3/579; 5/733, 734
- Альдулозоновые кислоты 2/1197
- Алькопар 4/225, 226
- Альпин (альпи), сплав 2/261, 262, 1242
- Альпико, сплав 2/261, 262
- Альтакс 1/306; 3/62, 1115
- Альтериантные сополимеры 1/204, 630, 1200; 2/921
- Альтериантные углеводороды 1/204; 4/419; 5/644, 648. См. также *1,3-Бутадиев*, *Нафталин*
- Альтериантные топлива 1/204, 205; 2/682, 1165; 3/120, 278, 451, 465; 4/194, 701, 804, 1101, 1210; 5/517
- Альтериантивный запрет квантовых переходов 2/854, 865
- Альтернирование длин связей 1/378
- D-Альптит 3/615, 616
- D-Альптит 3/615, 616
- Альфа-распад, см. *Ионизирующие излучения*, *Радиоактивность*
- Алюмель 3/484; 4/809, 1081
- Алюминаты 1/205, 206, 207, 458, 773, 935, 936; 2/1206, 1225, 1226; 3/433
- кальция 2/582; 1/206
- натрия 3/350, 351; 1/206, 208
- Алюминиды 1/208; 4/575
- Алюминиевые квасцы 1/537; 2/233, 235, 370, 729–731; 4/556
- Алюминий 1/207, 768, 769; 2/224, 578, 789; 3/5, 170, 849; 5/936, 937
- амальгамы 1/223; 3/553, 1026; 5/219
- антимоиниды 1/332; 2/1124
- арсенид 1/384, 385; 2/1124
- бораты 2/222
- бориды 1/208; 2/481
- борогидриды 1/591, 1080
- бромид 1/207, 504, 949, 1084; 2/109, 887; 3/224, 351, 478; 4/671; 5/367, 776
- ванадаты 1/672
- германий 1/1037
- гидриды, см. *Алюмогидриды*
- гидроксид(ы) 1/211, 209, 213, 289, 335, 675, 770, 935, 1001, 1092, 1093; 2/625, 675, 784, 800, 868, 971, 1079; 3/351, 584, 907; 4/188, 265, 673, 711, 745, 838, 904, 952, 1126; 5/150, 615, 680
- гидроксокомплексы 1/1097, 1099
- гранаты 1/1035, 1184, 1185; 2/222
- интерметаллиды 1/208, 813; 2/481, 483, 485, 486, 715, 1201, 1331
- иодиды 1/107, 949; 2/1023
- карбид 2/624, 625; 3/101
- карбонат 4/673
- метеоритный 2/963
- нитрат 1/212
- нитрид 1/212, 207; 2/734, 879; 3/417, 499, 500, 508–510; 4/33, 112; 5/52
- оксидированный, крашение 2/999, 1000; 5/913
- оксиды 1/212, 207, 208, 211, 213, 214, 897, 1035, 1054, 1056, 1057, 1077, 1087, 1089, 1107, 1110, 1141; 2/11, 173, 204, 209, 239, 297, 485, 570, 582, 615, 664–667, 670, 672, 675–678, 734, 736, 737, 800, 801, 833, 868, 879, 949, 1000, 1001, 1072, 1117, 1207; 3/3, 11, 24, 26, 88, 89, 99, 103, 123, 288, 324, 325, 334, 346, 372, 390, 394, 417, 433, 439, 459, 483, 498, 500, 516, 649, 650, 698, 699, 724, 727, 739, 768, 774–776, 817, 823, 913, 984, 990, 996, 1011, 1012, 1026, 1045, 1056, 1079; 4/33, 131, 141, 193, 257, 265, 333, 393, 627, 680, 706–708, 724, 731, 802, 814, 835, 837, 838, 846, 1057, 1096, 1097, 1106, 1122, 1126, 1136, 1137, 1138, 1139, 1157, 1174, 1223; 5/126, 127, 132, 142, 199, 298, 371, 552, 733, 739, 865, 896, 915, 958, 983. См. также *Алюминаты*, *Алюмогели*, *Глинозем*, *Корунд*
- восстановление, см. *Алюминотермия*
- определение 1/121, 139, 209, 380, 381, 990; 2/451, 705, 710, 714, 731, 1318; 3/272, 1044, 1081, 1104; 4/395, 397, 512, 615, 935, 936; 5/431, 619
- перхлорат 3/360, 990
- получение 1/208, 209, 977; 2/87, 840; 3/89, 90, 93, 356, 368, 413, 1069, 1070, 1193; 4/593, 681, 712, 820, 1100, 1104, 1165, 1175, 1258; 5/497, 503, 561, 749, 833, 854, 855, 895, 923, 926
- применение 1/209, 212, 216, 339, 563, 617, 618, 832, 936, 1192; 2/117, 320, 321, 327, 736, 800, 801, 878–880, 901, 949, 1015, 1130, 1192, 1226, 1227, 1320; 3/71, 73, 74, 87, 94, 301, 303, 304, 334, 777, 834, 907, 911, 991, 1011, 1125, 1126, 1221; 4/103, 106, 135, 139, 142, 343, 468, 594, 601, 673, 835, 846–848, 875, 1013, 1111; 5/15, 134, 470, 734, 796, 908, 912, 920. См. также *Алигирование*
- свойства 1/459, 833, 869, 944, 999, 1015; 2/113, 142, 210, 240, 275, 282, 320, 384, 445, 477, 574, 675–677, 812, 962, 1154, 1201, 1331; 3/74, 88–90, 97, 98, 111, 126, 161, 255, 257, 527, 822, 955, 957, 958, 1075, 1087, 1088, 1093, 1179, 1180; 4/152, 300, 349, 550, 481, 512, 550, 566, 573, 574, 584, 614, 615, 671, 710, 730, 731, 746, 801, 813, 916, 983, 1006, 1020, 1022, 1039, 1057, 1097, 1098, 1102, 1109, 1258, 1267; 5/12, 14, 141, 142, 651, 704, 724, 749, 1020
- селенид 2/618, 784
- силикаты, см. *Алюмосиликаты*
- силицид 4/685
- соединения 1/207, 208
- взрывчатые, см. *Алюмотол*
- катализаторы 1/903, 1089–1091, 1107, 1113; 2/684, 685. См. также *Катализаторы*, *Каталитические реакции*, *Циглера – Натты катализаторы*
- органические 1/209, 166–169, 199, 210, 211, 262, 336, 436, 865, 866, 964, 1080, 1194, 1204; 2/87, 93, 481, 483, 602, 603, 632, 642, 669, 731, 745, 799, 872, 921, 937, 1022, 1081, 1104, 1109, 1110; 3/10, 11, 80–82, 285, 314, 326, 377, 419, 475, 476, 478, 649, 713, 728, 736, 767, 825, 874, 975, 1016; 4/172, 173, 539, 573, 801, 839, 945, 1185, 1191, 1257, 1258; 5/14, 15, 222, 265, 556, 711–713, 730, 774, 934, 992
- полиядерные 4/96
- сплавы 1/214, 208, 209, 215–218, 343, 459, 989, 1039, 1063; 2/249, 250, 257, 261, 265, 320, 321, 332, 548, 561, 580, 715, 801, 827, 828, 878, 880, 946, 948–950, 957, 1000, 1008, 1146, 1153, 1154, 1202, 1241–1243, 1249, 1288, 1331–1333; 3/15, 71, 75, 86, 92, 100, 145, 249, 273, 274, 410, 482–484, 518, 695, 696, 753, 802, 822, 1075; 4/114, 115, 142, 668, 712, 715, 806, 808, 809, 876, 1057, 1174, 1175, 1180, 1181; 5/80, 81, 371, 400, 451, 696, 752, 753, 947
- сульфат 1/217, 79, 218, 770, 773, 974; 2/227, 235, 330, 606, 729–731; 3/518, 575, 859, 1060, 1227; 4/494, 657, 904; 5/802
- кристаллогидраты, см. *Алюминиевые квасцы*
- сульфид 1/207, 1098; 4/910, 911
- теллурид 4/1019, 1023
- титанаты 2/222; 3/1012; 4/1184
- феррит 5/163
- фосфаты 1/217, 218, 1110; 2/13, 801; 3/366, 698; 4/199, 836, 941, 1013; 5/248–251, 281. См. также *Алюмофосфаты*
- фосфид 1/207; 2/342, 1124; 4/107; 5/257, 416
- фторид(ы) 1/218, 207, 208, 219, 285, 589, 949, 1006; 3/90, 392; 4/388, 835, 876; 5/393, 396, 503, 854, 954
- халькогениды 2/618, 784; 4/547, 1019, 1023
- хлорид(ы) 1/219, 35, 207, 220, 487, 582, 592, 597, 645, 654, 697, 715, 824, 945–950, 953, 965, 982, 983, 997, 1078, 1084, 1099, 1160, 1193; 2/15, 26, 71, 122, 202, 204, 210, 282, 300, 380, 525, 606, 665, 673, 677, 697, 764, 770, 779, 889, 1298; 3/12, 88–90, 107, 111, 112, 124, 282, 285, 309, 346, 372, 407, 408, 516, 528, 545, 558, 691, 722, 751, 760, 761, 800, 801, 826, 859, 936, 984, 1017, 1057, 1073, 1227, 1244; 4/61, 197, 468, 566, 671, 745, 746, 804, 869, 892, 934, 938, 1020, 1027, 1095, 1100, 1122, 1130, 1134, 1142, 1191, 1203, 1258; 5/6, 8, 13, 16, 57, 116, 127, 130, 141, 142, 145, 212, 224, 277, 367–369, 372, 377, 378, 380, 382, 521, 722, 739, 982, 1047. См. также *Кислоты и основания*, *Люиса кислоты*, *Фриделя – Крафта реакция*
- цианиды 5/702
- Алюминол 1/209; 2/445, 451
- Алюминотермия 1/209; 2/579, 580, 1287; 3/88–90, 244, 492, 1069; 4/875, 981, 1173, 1174; 5/407, 632
- Алюмогели 1/62, 213, 214, 1001; 2/339
- Алюмогидриды 1/220, 207, 1079–1081; 2/282, 1138, 1205; 3/82; 4/342, 392
- Алюмокалиевые квасцы 5/182, 453, 655
- Алюмокомпозиаты 2/878–880
- Алюмокремниевые кислоты 4/680
- Алюмооксан 2/674
- Алюмоорганосилоксаны 3/807, 808
- Алюмоборидные квасцы 5/655
- Алюмосиликагели 1/52; 3/967
- Алюмосиликаты 1/221, 213, 749, 1057, 1090, 1091, 1107, 1141; 2/96, 118, 349, 370, 504, 578, 606, 664, 665, 669, 670, 677–680, 733, 735, 770, 1223; 3/127, 164–166, 288, 324, 325, 328, 361, 775, 838, 868, 1065, 1078, 1126, 1191–1193; 4/555, 674–681, 723, 724, 836, 838, 1090; 5/122, 132, 298, 654, 680, 681. См. также *Цеолаты*
- Алюмотермия, см. *Алюминотермия*
- Алюмотол 1/221, 109; 4/731
- Алюмофосфаты 1/871; 2/800, 801
- Алюмоцементные квасцы 5/655
- Алюмошпинели 5/788
- Алюнит 3/74
- Амадори
- перегруппировка 1/221, 1129
- ретроперегруппировка 1/222
- соединения 1/221, 222
- Амазонит 1/1018; 4/555
- Амальгамы 1/222, 223, 810, 936; 2/334, 553, 560, 809, 810, 873; 3/164, 245, 348–350, 412, 582, 583, 636, 637, 1026; 4/127, 128, 548; 5/60, 553, 669, 840, 841, 854. См. также *Интерметаллиды*
- Амания 5/1050
- Амаиниты 3/711, 934; 4/652; 5/1049, 1050
- Амауллины 5/1050
- Амантадин 1/35
- Амариллисовые алкалоиды 1/223, 224; 5/1052
- Аматоксин 5/1049, 1050
- АМБ, см. *Бактериальные удобрения*
- Амбидентные соединения 1/224, 225, 420
- гидрофосфорильные 1/1113, 1114; 3/179, 180, 592, 593; 4/682, 683
- сиолят-анионы 2/248
- как нуклеофилы 2/248
- силилирование 4/682
- Амбиполярная диффузия 2/531
- Амбифункциональные соединения, см. *Амбидентные соединения*
- Амблигонит 5/281, 386
- Амбра 1/225, 226; 2/237, 974, 1148, 1280, 1285; 3/291, 292
- Амбреи 1/225, 226
- Амбреттоид 3/291, 292
- Амбраль 4/715
- Амброксид 1/226; 4/725
- Амедин 4/237
- Амелизол 5/23
- Амений-катионы 1/226
- Америпол 1/631, 635; 2/375
- Америций 1/226; 2/1111
- арсенат 1/227
- ваидаат 1/227
- галогениды 1/227; 2/1038
- гидриды 1/226
- гидроксид 1/227
- ниобат 1/227
- оксиды 1/226, 227, 541; 2/1112
- определение 4/396
- перкссат 1/227
- получение 1/228; 2/564
- применение 1/228
- свойства 1/131, 132, 226–228, 978; 2/1112; 3/403, 425, 488, 957, 959; 4/751
- сульфид 1/227
- фосфат 1/227
- Америцилаты 1/227
- Америцилацетат 1/227
- Америцил-ионы 1/227
- Аметист 1/1018; 2/222, 223, 1027
- Аметоптерин 5/216
- Аметрии 2/38
- Амьбей 1/1028, 1029
- Амьбалин 1/487; 4/696; 5/1053, 1054
- Амьбидролазы 2/695
- Амьбидные радикалы 4/313
- Амьбидин-лизы 2/1169
- Амьбидиновая перегруппировка 2/123
- Амьбидинопенициллины 2/1135
- 5-(4-Амьбидио-1-тетразено)тетразол 4/Амьбидио, 1099
- 4-Амьбидиофенилпировиноградная кислота 1/330, 331

Амидины 1/228, 107, 421; 2/69, 123, 374, 402, 420, 742; 3/513, 683, 830, 1028, 1029, 1050, 1167; 4/1248, 1249; 5/420

Амидирование 2/395; 3/199; 4/899; 5/305

«Амидная модификация» реакции Лоссея 2/1213, 1214

Амидоамины 2/82

Амидоацетали 1/420–422; 2/244; 3/721

Амидогруппа 1/106, 230, 231, 278, 289. См. также *Амиды*

Амидодихлорфосфаты 5/261

Амидоимидтрифосфаты 5/253

Амидокарбоксилаты 3/1164

Амидокислоты 2/415

Амидокисмы 1/228; 3/513, 553, 674; 5/785

Амидол 1/268, 833; 4/253

Амидолиз 3/1256

Амидомеркапталы 1/420–422

Амидопириды 1/85, 297, 440; 3/1035; 4/219; 5/123

Амидореакция, см. *Амидины*

Амидосерия кислоты 4/900

Амидосульфаты 3/1164

Амидосульфокислоты 3/280

Амидосульфаты 3/1164

N-Амидосульфонилгидроксиламины 1/1094

Амидосульфоновая кислота 4/657

Амидофосфатный синтез иукленовых кислот 3/591, 592

Амидофосфаты 2/472; 3/591, 592; 5/790

Амидофосфаты 5/279, 296, 297

Амидразины 1/228; 3/513; 4/1250; 5/219

Амидсинтазы 2/1169

Амиды

кислот(ы) акриловой, см. *Акриламид*

– карбоновых 1/229, 114, 183, 228, 229, 231, 233, 270, 275, 424, 425, 429, 430, 469, 682, 708, 709, 784, 840, 865, 1028, 1029, 1073, 1075, 1077, 1091, 1092, 1179, 1184, 1203, 1218; 2/117, 115, 119, 121, 378, 402, 403, 416, 417, 419–421, 436, 629, 645, 648, 697, 752, 764, 771, 773, 908, 909, 1091, 1100, 1137, 1139, 1141, 1143, 1252; 3/68, 102, 114, 282, 293, 357, 513–515, 534, 548, 576, 619, 620, 677, 680, 685, 686, 700, 702, 704, 764, 795, 1028, 1164; 4/71, 287, 288, 359, 372, 525, 526, 539, 866, 900, 917, 1126, 1135, 1136, 1167; 5/10, 57, 65, 88, 95, 96, 123, 223, 224, 239, 241, 266, 423, 585, 710, 784–786, 860, 1013

– ацетали 1/420, 421, 422; 3/721

– N-карбамоилзамещенные, см. *Уреиды*

– серной, см. *Сульфаминовая кислота*

– сульфаниловой 4/901, 902

– сульфоновых 1/1069; 3/386; 4/938, 1202–1204; 5/129. См. также *Сульфамиды*

– тиоуглеродных 2/175–177; 4/1130

– углеродной, см. *Карбаминавая кислота*, *Мочевина*

– фосфонистых 5/279

– фосфористой 5/296, 297

металлов 1/231, 72, 232; 3/763; 5/305, 732. См. также *Натрия амид*

ионемкалтура 3/573, 576

определение 1/681; 3/795

расщепление по Гофману 3/1179, 1180

циклические 5/709. См. также *Лактамы*

Амизол 4/1254; 5/592

Амизол 4/229, 230

Амиакии 1/247

Амикин 2/1078

Амилазы 1/232, 554, 558, 1097, 1126–1128; 2/31, 798, 988; 3/614, 749; 4/430, 700; 5/158

Амиламины 1/232, 233

Амилан 3/1201, 1250, 1251

Амиллацетаты 2/800; 3/567, 917; 4/495

«Амиленгидрат» 1/233

Амилены 3/917, 918. См. также *Пентены*

Амилнитрат 1/234; 3/517; 5/219

Амилнитрит 1/328; 4/774

Амиловые спирты 1/223, 234, 667; 3/912, 913, 917, 918, 950; 4/396, 804; 5/117, 382, 527. См. также *Изоамиловый спирт*, *Пентанола*

Амиллазы 1/232; 2/987, 988; 3/1238

Амилонексии 1/232; 2/987, 988

Амило-1,4→1,6-трансглюкозилаза 1/1132

л-Амилфенол 1/156, 164; 3/913

Амилформат 3/289

Амилхлориды 1/233

Аминазин 1/234; 3/398, 399; 4/269; 5/146

Аминали 2/82, 418, 419; 3/982

Аминалон 1/254; 3/578

Аминиллоксидные радикалы 3/543–546

Аминильные радикалы 4/302, 311, 313

Аминирование 1/641, 1095; 2/361; 3/384, 523, 1033; 4/85, 642; 5/526, 976. См. также *Аминолиз*, *Амины*, *Аминолиз*

восстановительное 2/82, 83, 116, 121, 271, 272, 1138, 1155; 3/107, 289, 470, 622; 4/196; 5/979

каталитическое 1/271, 272; 2/1155; 3/107

окислительное 2/415, 417; 3/672; 5/778

парофазное 5/978

по Чичибабину 5/777, 778

ферментативное 2/1169

Аминное число 3/741

Аминоадмантаны 1/34, 35; 4/237

2-Аминоадиат 3/619, 620

2-Аминоадилиполоуальдегид 3/619, 620

α-Аминоадипиновая кислота 1/250; 2/1176

2-Амино-3Н-азепин 1/70

3-Амино-2Н-азирин 1/77

Аминоазосоединения 1/529; 2/70, 71, 74, 149, 302, 462

Аминоакридин 1/112, 248

Аминоакрилаты 2/123

Аминоакролеин 1/238; 3/1051

Аминоалкилакрилаты 1/234, 235; 3/744

Аминоалкиламиды 5/395

Аминоалкилалогениды 1/236, 874; 5/395

1-Амино-4-алкиламиноантрахины 2/77

3-(Аминоалкил)индолы 4/327

Аминоалкилирование 1/236; 2/418, 549. См. также *Манниха реакция*

Аминоалкиловые эфиры 5/204, 591

Аминоалкоголи 1/264–266

1-Амино-5-алкоксиантрахион 1/238

1-Амино-2-алкокси(арилокси)-4-гидроксиантрахион 1/259

Аминоальдегидные смолы 1/261, 262, 1209; 2/1014; 3/646

Аминоальдегиды и аминокетоны 1/236, 76, 105, 114, 200, 237, 238, 534, 874; 2/751, 814, 815; 3/68, 1033; 4/528, 529, 621, 1227, 1228; 5/537

4-Аминоаитипириды 5/142

4-Амино-5-аминометил-2-метилпиридин 4/1120

Аминоанизола, см. *Анизидины*

Аминоантрахинонкарбоновые кислоты 1/155, 351; 3/523

Аминоантрахиноновые красители 1/573; 4/668

Аминоантрахиносальфокислоты 1/238, 239, 240; 2/78

Аминоантрахины 1/239, 240, 245, 350, 351, 354, 943, 944; 2/78, 440; 3/523–525, 1270; 4/72, 73, 1204

1-Амино-4-арил(алкил)аминоантрахион-2-сульфокислоты 1/238; 2/78

Аминоариленаминовые красители 3/129

Аминоарилрование 2/549

Аминоарсиновые кислоты 1/248

Аминоацетали 2/398, 419

Аминоацетонитрилы 2/378; 4/274

Аминоацетофеноны 1/238, 521

Аминоацетилы 2/464; 3/926

Аминоацетилы 2/419

Аминоацетиламиногексозилцитозины 3/596

Аминоацетиламинонуклеозиды 3/595

бис-Аминоацетиламины 2/414

Аминоацетил-ТРНК 4/521

Аминоацетил-ТРНК-синтазы 1/240, 241; 2/1152, 1169; 3/595; 4/1239, 1241, 1242*

Аминобарбитуровая кислота 3/279

4-Аминобензальдегид-2-сульфокислота 2/80

Аминобензальдегиды 1/248; 5/561

2-Аминобензамиды 4/1251

4-Аминобензамиды 1/489

2-Аминобензгидразиды 4/1247

2-Аминобензиламин 4/1251

Аминобензизотиазола 1/492, 493

5-Аминобензимидазола 3/1015

2-Аминобензимидазола 1/87, 498

о-Аминобензилтиол 1/493

1-Амино-2-бензоилантрахион 1/351

л-Аминобензоилпгутаминавая кислота 5/214

л-Аминобензоилхлорид 3/1217

Аминобензойные кислоты 1/241, 250, 348, 349, 750, 751; 2/331, 632; 3/525, 526, 559, 1210; 4/71, 901; 5/214

амиды 3/567, 568

определение 1/348

хлорангидриды 4/60

эфиры 3/567, 568; 4/581

2-Аминобензоксазол 1/87, 511

3-Аминобензокссульфамид 3/528

Аминобензолсульфокислоты 1/241, 242, 251; 3/35, 527, 528; 4/394; 5/139

N-(п-Аминобензолсульфонил)-N'-бутилмочевина 1/620

л-Аминобензоморфолины 3/276

Аминобензонитрилы 5/381

Аминобензо-2,1,3-тиадиазол 1/56

2-Аминобензофеноны 1/492

4-Аминобензил 1/273; 2/606

(1R)-3-эно-Аминоборнеол 3/879

1-Амино-2-бромантрахион 1/244, 245

1-Амино-4-бромантрахион-2-карбоновые кислоты 1/350, 351

1-Аминобромантрахиносальфокислоты 1/128, 238, 240, 259, 353; 3/525

1-Амино-2-бром-4-гидроксиантрахион 1/259

8-Амино-5-бром-1,7-нафтиридин 4/1018

1-Амино-2-бром-4-л-толуидиноантрахион 1/244

2-Амино-1-бром-3-хлорантрахион 1/244, 245

(S)-2-Амино-1-бутанол 5/973

1-Амино-2-(п-трет-бутилфенокси)-4-мезидиантрахион 1/353

Аминобутиновый синтез 4/500

Аминобутираты 3/619, 620; 4/1262

5-Амино-2-бутоксипиридин 1/261

5-Аминовалерат 3/619, 620

Аминовалериановые кислоты 1/250; 3/582

Аминовинилкетоны 3/298, 299, 408

Аминогалогенизосоединения 2/1253

Аминогалогенантрахионы 1/244, 239, 353

1-Амино-4-галогенбутаны 3/1080

4-Амино-5-галогено-2-метилпиримидин 4/1120

Аминогексановые кислоты 1/248, 352

бис-(6-Аминогексил)амин 1/989

N-(6-Аминогексил)карбаминавая кислота 1/989

1-Аминогидантон 5/426

Аминогидроксид-D-аланин 2/1136

2-Амино-3-гидрокси-1-(2-амино-3-карбокси-1-оксопропил)бензол 2/606

1-Амино-2-гидроксиантрахион-4-сульфокислота 1/259

Аминогидроксиантрахионы 1/238, 259, 260, 353; 2/150; 4/74

Аминогидроксисбензойные кислоты 1/263; 2/606

2-Амино-3-гидроксиацетофенон 5/970

Аминогидроксисбензолсульфокислоты 1/267; 3/527

Аминогидроксисбензолы 1/267

2-Амино-4-гидроксибутиновая кислота 3/133

4-Амино-2-гидроксибутират 3/619, 620

2-Амино-3-(4-(4-гидроксиоидфенокси)-3,5-дииндифенил)пропионовые кислоты 4/1171, 1258

Аминогидроксимасляные кислоты 4/1247

2-Амино-2-гидроксиметил-1-бутанол 1/268

2-Амино-2-гидроксиметил-1,3-пропандиол 3/701

Аминогидроксинифталинсульфокислоты 1/91; 3/538; 5/636

Аминогидроксинифталиты 2/138

2-Амино-3-гидроксипропионовая кислота 4/642

2-Амино-3-(4-гидроксибензил)пропионовая кислота 4/1170

5-Амино-4-[(2-гидрокси-5-хлорфенил)-азо]-2-(2-гидроксибензил)-2Н-бензотриазол 4/396

Аминогидроксипропиленовая группа 1/566

4-(2-Амино-1-гидроксизетил)пироксатехин 3/578, 579

Аминогидроксидные антибиотики 1/245, 246, 247, 320; 3/1058

Аминогидроксиды 1/245–247, 320, 321; 3/1058

α-Аминоглутаровая кислота 1/1151

Аминогруппа 1/251, 269; 2/325, 326, 643, 770; 3/569, 573, 936–938; 4/394, 1192, 1198; 5/424, 648, 786

1-Амино-4-гуанидиновалериановая кислота 1/362, 363

Аминогуанидины 4/622, 1099, 1250

7-Аминодезацетоксицефалоспоровая кислота 5/697

3'-Амино-3'-дезоксинаденин 3/595

5'-Амино-5'-дезоксинаденин 3/596

Амиодезоксинаденин 1/222

Амиодезоксисексозы 1/264

Амиодезоксисексозовые кислоты 1/264

2-Амино-2-деокси-D-глюкоза 5/37

2-Амино-2-деокси-D-глюкопираноза 1/263

2'-Амино-2'-дезоксигуанидин 3/595

1-Амино-1-дезокситозы 1/221, 1129

- 3-Амино-3-дезоксид-Д-рибоза 1/264
2-Амино-2-дезоксисахара 1/263, 264
л-Амиоидальдегиды 2/455
Амиоидальдегиды 4/530
Амиоидариламтаиновые красители 1/366
Амиоидариламтаиновые красители 1/238, 244, 245, 259, 353
1-Амино-2,4-дигидроксиантрахиноны 1/239
1-Амино-2,4-дигидроксиантрахинон 1/260
4-Амино-2,6-дигидрокси-1,3,5-триазин 5/708
4-Амино-3,5-динодбензойная кислота 1/241
2-Амино-4,6-диметил-3-оксофеоноксазин-1,9-дикарбоновая кислота 1/134
2-Амино-4,6-динитрофенол 3/519; 4/1267
Амиодифениламин 1/247, 248, 490, 491; 2/618; 3/536
4-Амиодифениламин-2-сульфокислота 1/75; 3/543
о-Амиодифениловый эфир 2/90
о-Амиодифенилсульфиды 4/728; 5/145
Амио-е-аминовая таутомерия 4/992
Амиозол 2/1078
3-Амиоизообутират 3/622
α-Амиоизообутиронитрил 1/439
α-Амиоизовалериановая кислота 1/668
D-4-Амино-3-изоксазолидин 5/740
1-Амиоизохинолин 2/398
2-Амино-3-(4-имидазолил)пропионовая кислота 1/1123, 1124
5-Амино-4-имидазолкарбоксиамидрибонуклеотид 3/619, 620
1-Амино-3-иминоизоиндолин 5/385
N-Амиоиндолазолы 4/1251
2-Амино-3-(3-индолил)пропионовая кислота 5/1
Амиоиндолы 2/636; 5/197
е-Амиокапроинитрил 1/258
е-Амиокапроновая кислота 1/248, 250, 252, 322, 341; 2/615, 616, 635; 3/582
3-Амино-4-карбамидопиперазол 1/188
6-Амино-1-карбон-10-метил-3-сульфобензазины 4/923
Амиокарбиновые соединения 1/198; 5/369, 370
Амиокарбиновые соединения 1/134, 322, 350, 351; 2/1294; 3/619, 620, 704
кислоты 1/248, 252, 254, 1005; 4/73; 5/308. См. также *Аминокислоты*
нитрилы, см. *Амионитрилы*
смолы 4/613
3-Амино-1,2-карбораны 2/651
Аминокетоны, см. *Амиоальдегиды и аминокетоны*
Аминокислоты 1/248; 3/871. См. также *Ациламинокислоты*, индивидуальные представители
внутренние соли, см. *Бетаины*
и мутагены 5/158
кодируемые 1/1124, 1149, 1150, 1152; 4/191, 192, 642, 1170, 1247; 5/768. См. также *Генетический код*
метаболизм 1/483, 484; 2/606; 3/619, 620, 622, 623, 810–812
незаменимые 1/254; 2/361; 3/619, 620, 622, 623. См. также индивидуальные представители
нескодируемые 3/711
номенклатура 3/569, 570
определение 1/472, 476, 670, 681; 2/292, 293, 743; 3/488, 519, 893; 4/397, 1268; 5/150, 151, 217, 800, 801, 916
оптически активные 1/249, 251, 254, 555; 2/905, 1169, 1172; 3/924; 4/391, 524, 535
получение 1/194, 201, 252, 253, 393, 1116, 1180, 1181; 2/330, 331, 423, 475, 476, 519, 539, 577, 581, 736, 813, 1171, 1172, 1274, 1275; 3/156, 270, 788, 810–812, 937, 1208; 4/536, 1157; 5/53, 380, 783, 790, 793, 794, 1060
последовательность в белках и полинуклеотидах 1/472, 473, 476, 483, 551, 552, 1009, 1098, 1111; 3/211, 212. См. также *Трансляция*
применение 1/254, 1029, 1171–1173; 2/232, 436, 1078
свойства 1/74, 198, 240, 241, 249–254, 265, 289, 391, 392, 522, 543, 544, 655, 660, 850, 874, 950, 994, 1097, 1123, 1149, 1151, 1156; 2/17, 22, 241, 330, 331, 347, 363, 364, 408, 423–425, 427, 486, 487, 643, 696, 856, 969, 1106, 1138, 1139, 1143, 1158, 1159, 1172, 1219; 3/132, 133, 226, 257, 382, 582, 614–616, 621, 623, 697, 700, 929–931, 936–938, 1261; 4/190, 191, 516, 517, 536, 634, 922, 1026, 1168, 1170; 5/36, 121, 127, 197, 239, 243, 244, 546, 794, 939, 987
β-Аминокротоновая кислота 1/980; 3/408
Амиооксантиновые красители 2/1082, 1083; 4/530
8-Амиооксаинт 2/1084
Амиооксидибутилборан 2/144
Амиооксиды 1/597; 2/129
Амиооксильные радикалы 3/543–546
5-Амиооксулинат 3/619, 620; 4/1261
8-Амиооксулиновая кислота 3/623; 5/575
Амиолиз 1/254, 230, 231, 271; 2/115, 415, 1021; 3/804, 931–933, 1256; 4/899, 1152; 5/255, 1010
Амиомалоновый эфир 1/253; 2/815, 1275
Амиомажляные кислоты 1/50, 249, 250, 254, 328, 546, 1151, 1152; 3/358, 472, 578, 1080; 4/241, 742, 743, 894, 895, 1193, 1225; 5/1038, 1042, 1049, 1055
1-Амино-4-мезидиноантрахинон-2-сульфокислота 1/353
Амиомензилитен 3/25
2-Амино-4-меркаптобутиановая кислота 3/133
(+)-2-Амино-3-меркапто-3-метилмасляная кислота 3/897
2-Амино-3-меркаптопропионовая кислота 5/768
1-Амино-2-метилантрахинон 1/155, 239, 240
4-Амиометилбензойная кислота 1/322
бис-(Амиометил)бензолы 2/1091, 1092
1-Амино-2-метил-4-бромантрахинон 1/239
2-Амиометилвалериановые кислоты 2/359, 1158, 1159
3-Амино-2-метил-7-(диметиламино)феназины 5/116
4-Амиометиленицефамовая кислота 5/697
Амиометиллидолы 1/503
Амиометилирование 2/82, 91, 346, 456, 1090, 1279, 1280; 3/124, 709, 710; 5/21. См. также *Амиоалкилирование*, *Манниха реакция*
2-Амиометилпентаиновые кислоты 2/361, 1158, 1159
N-Амино-N-метилпиперазин 1/303
2-Амино-2-метил-1-пропанол 1/254, 255
4-Амино-10-метилптерилглутаминовая кислота 5/216
2-Амино-5-метилсульфокислота 3/1015
2-Амино-4-метилтиобутиановая кислота 3/132, 133
1-Амиометил-1-циклоалканолы 2/33; 4/1190
4-Амиометилциклогексакробоновая кислота 1/322
1-Амино-2-метоксидантрахинон 1/353
2-Амино-6-метоксидибензотиазол 1/87
1-Амино-2-метокси-4-гидроксиантрахион 1/259, 260
4-Амино-4'-метоксибифениламин 1/78
Амиоометокситолуолы 2/1005; 3/109
Амиоомочевина 4/621, 622
2-Амиоомуконат, метаболизм 3/619, 620
2-Амиоомуконат-6-полуальдегид 3/619, 620
Амиоонафталидиолы 3/707
3-Амино-2-нафталикарбоновая кислота 3/704
Амиоонафталинсульфокислоты 1/91; 3/380–383, 387, 388, 538. См. также *Нафталинсульфокислоты*
Амио-1,7-нафтиридины 4/1017
Амиоонафтоиновые кислоты 2/132; 3/547
Амиоонафтолсульфокислоты 1/255, 256–258; 3/381
Амиоонафтолы 1/257, 258; 2/74; 3/390, 538, 694, 719
Амиоонитрены 1/1069, 1073; 3/507, 508
Амиоонитрилы 1/258, 655, 871; 2/82, 330, 331; 3/112; 5/793, 794
Амиоонитроаннолы 1/258, 259
Амиоонитробензолсульфокислоты 3/522; 5/569
2-Амино-5-нитробензофенол 3/501
4-Амино-5-нитропиридин 4/270
Амиоонитрокрасители 3/542, 543
2-Амино-5-нитротолуол 4/1199
4-Амино-2-нитрофенол 5/118
Амиоонитрофенолы 3/519, 563, 694
Амиоооксазолины 3/681, 683
Амиоооксантрахиноны 1/259, 260
Амиоооксидазы 5/151
2-Амино-3-оксодипат 3/619, 620; 4/1261
5-Амино-2-оксодиперат 3/619, 620
6-Амино-2-оксодиперат 3/619, 620
2-Амино-ω-оксодикарбоновые кислоты 3/619, 620
4-(3-Амино-4-оксо-2-тиоксо-5-тиазолидинил)азо)фенол 4/531
7-Амиоооксофамовая кислота 5/697
Амиоорганотоксисиланы 1/172; 2/1022
Амиоопалладирование 1/391
ω-Амиоопеларгоновая кислота 1/250, 254
6-Амиоопенициллаиновая кислота 1/555; 2/423, 463, 464, 1134
3-Амиоопентан 1/270
2-Амиоопентаиновая кислота 3/582
Амиоопентафторбензол 3/914, 915
Амиоопептид 2/1078
Амиоопептидазы 1/260, 1097; 2/760; 4/194, 216
Амиооперегруппировка Клайзена 2/787
2-Амиооперимидин 3/953
2-Амиоопиразин 3/1033
Амиоопиридазины 3/1043, 1044
N-Амиоопиридиния соли 3/1045
Амиоопиридинкарбоновые кислоты 5/758
Амиоопиридины 1/260, 63, 231, 261, 443; 2/65, 343, 964; 3/385, 709, 710, 1045; 4/494
Амиоопиридинидины 2/123
4-Амино-2-пиридин 3/1051, 1052
Амиоопласты 1/261, 262, 263, 512, 1209; 2/1001, 1002; 3/35, 282, 1112; 4/165, 922
Амиоопломбаны 4/596
Амиоополкарбоновые кислоты 5/452, 453
2-Амино-ω-полуальдегиды 3/619, 620
Амиоопропанолы 1/71; 3/619, 620; 5/745
(3-Амиоопропил)триэтоксисилан 2/1019, 1020, 1024
2-(3-Амиоопропил)фуран 3/1081
Амиоопропиловый синтез 4/500, 501
Амиоопропионовые кислоты 1/138, 139, 250, 951, 1113; 2/366
л-Амиоопропиофенол 4/326
Амиооптеридин 2/181
Амиооптерин 1/751; 5/216
4-Амиооптерилглутаминовая кислота 5/216
Амиоопурины 3/295; 5/768
5-Амиоопрезорин 4/1269
Амиоосалициловые кислоты 1/263, 268, 864; 4/234, 241, 242, 509
Амиоосахара 1/263, 245–247; 3/267, 268, 286; 4/1010
Амиоосиланы 3/124, 800, 804; 4/445
Амиооспирты 1/264, 105, 193, 194, 251, 268, 269, 534, 716, 874, 1137; 2/82, 83, 123, 171, 215, 1150, 1172, 1271; 3/106, 619, 620, 680, 681, 683, 701, 707, 715, 732, 762, 1024, 1082; 4/85, 607, 621, 800, 1132, 1157, 1190; 5/17, 37, 253, 382, 383, 709, 975, 982. См. также *Алканолamines*, *Изопропанолamines*, *Этанолamines*
Амиоостаннаны 3/762
Амиоостиролы 1/521; 4/613
Амиоосульфаматы 4/900
Амиоосульфиты 4/634, 921, 922
4-Амино-2-сульфодифениламин 3/676
Амиоосульфокислоты 1/75, 248, 252, 253; 3/1167
Амиоосульфаты 3/1167, 1168
4,4'-бис-(1-Амино-4-сульфо-2-нафтализо)бифенил 2/887
Амиоосульфониновые соединения 4/930, 931
Амиоосульфониновые кислоты 1/75, 248, 252, 253; 3/1167
5-Амино-1,2,3,4-тетрагидро-1,4-фталидин 2/1224
5-Амиотетразол 5/701
о-Амиотиобезамиды 1/493
Амиотиолы 1/741, 874; 4/326, 327, 1131
Амиотиомочевина 4/1146, 1147
бис-(о-Амиотиофенолы) 3/1219; 4/71
2-Амиоуроовая кислота 5/93
α-Амиотиофосфорильные соединения 2/549
Амиотолуолсульфокислоты 1/266, 267, 268; 4/1198
Амиотолуолы 1/494; 4/1198
Амиотрансферазы 2/1176; 3/936, 937; 4/430, 1242
4-Амино-1,3,5-триазин-2-он, рибозуранозид 4/1249
Амиотриазолы 2/69; 4/1254
Амиотриарилметановые красители 1/367
3-Амино-2,3,6-тридезоксид-α-Л-ликопирраноза 1/357
3-Амино-2,4,6-тринодбензойная кислота 1/241
2-(3-Амино-2,4,6-тринодфенилметил)масляная кислота 4/478, 479
Аминотриметилсилан 2/1021
2-Амино-1,1,3-триаинопропен 2/1276

- Аминокислотная кислота 1/251, 253, 1132, 1149; 4/397
- ω-Аминоундекановая кислота 1/250, 254
- Аминофенотолы 5/118, 119
- o-Аминофенилсульфатная кислота 4/1221
- п-Аминофенилдиселенид 4/620
- п-Аминофенилкетон 1/260
- γ-Амино-β-фенилмасляная кислота 4/1226
- п-Аминофенилсульфат 4/907
- бис-(2-Аминофенил)эфир 5/720
- 2-Амино-3-фенилпропионовая кислота 5/121
- 3,3-бис-(4-Аминофенил)фталид 3/1247
- 4-Аминофенилхинондиамин 2/462
- 1-Амино-2-фенокси-4-гидроксиантрахинон 1/259, 353
- Аминофенолы 1/267, 228, 242, 259, 268, 297, 303, 304, 501, 511, 527, 1095; 2/432, 455, 460, 978, 998, 1082; 3/62, 471, 519, 527, 543, 563, 565, 694, 696, 697, 714, 1218; 4/71, 175, 253, 397, 448, 649, 814, 1105, 1197; 5/132, 135, 530–532, 903
- Амино-формальдегидные смолы 1/807; 3/1139, 1140; 4/661
- 2-Амино-4-формилмасляная кислота 3/809
- Аминофосфаты 3/1167
- Аминофосфонаты 3/1167
- Аминофосфоновые соединения 3/1167
- кислоты 1/248, 252–254
- смолы 4/613
- α-Аминофосфорильные соединения 2/549, 550
- 3-Аминофталевая кислота, гидразид 1/1073; 2/1224
- Аминофузин 2/1078
- N-Амино-2-хиназолины 4/1251
- 8-Аминокиналины 5/536
- 2-Аминокиназирины 5/521
- Аминокинол 4/232, 238; 5/527
- Аминокинолины 3/63; 4/238, 239
- 2-Амино-3-хлорантрагидрохинон 2/1096
- Аминоклорантрахиноны 1/244, 245, 259; 4/74
- 6-Амино-4-хлорбензол-1,3-дисульфамид 2/204
- 6-Амино-4-хлорбензол-1,3-дисульфохлорид 2/204
- Аминоклорбензолы 5/558, 559
- 3-Амино-4-хлорбензосенон-2'-карбоновая кислота 1/245
- 1-Амино-2-хлор-4-бромантрахинон 1/244
- 2-Аминоклорметилсульфокислоты 3/1015
- 1-Амино-4-хлоринтроантрахинон 3/524
- 7-Аминоцефалоспоровая кислота 5/697
- 4-Аминокислотскайкарбоновая кислота 1/241
- бис-(п-Аминокислотскай)метан 3/1202
- ω-Аминоэнантовая кислота 1/250, 254
- Аминокислоты 4/54
- 2-Аминоэтанол 3/619, 620; 5/590, 973
- 2-Аминокислотсульфидная кислота 4/917
- β-Аминокислотсульфокислота 1/251; 3/63
- 2-Аминокислотантол 3/63, 64
- N-(2-Аминокислот)азациклооктаи 3/725
- бис-(2-Аминокислот)амин 2/212
- (R), (S)-α-Аминокислотбензолы 3/735
- бис-(β-Аминокислот)дисульфид 3/63, 64
- 3-(2-Аминокислот)-5-гидроксииндол 1/322; 4/653, 654
- 2-Аминокислотизоимочевина 4/326
- S-β-Аминокислотизоимочевина гидрохлорид 3/63
- 3-(2-Аминокислот)индол 1/476
- Аминокислотирование 5/989
- 3-Амино-N-этилкарбазол 3/677, 1017
- 2-Аминокислотмеркаптан 3/63, 64
- Аминокислотпиперазин 4/86
- 2-Амино-2-этил-1,3-пропадиол 1/268, 269
- 2-Аминокислотсерия кислота 1/265
- 2-Аминокислотсульфат 5/989
- 2-Аминокислотсульфоновая кислота 5/274, 275
- 2-Аминокислотсульфурная кислота 2/1196
- 1-(2-Аминокислот)циклогексен 3/1022
- Аминокислотциклопентанол 1/269
- N-(2-Аминокислот)этилдиамин 1/269
- 5-Амино-2-этоксисенонсульфокислота 5/118
- Аминокислоты 1/253, 716; 2/74, 815, 1275; 3/686; 4/536, 1151; 5/207, 964, 1010
- Аминокислотная кислота 1/394
- Амины 1/269; 5/493
- алифатические 1/175, 177, 222, 270–273, 605, 641, 681, 865, 874, 988, 1180; 2/16, 17, 70, 176, 216, 244, 407, 536, 563, 632, 638, 764, 804, 1143, 1273; 3/106, 107, 254, 289, 555, 715, 724, 767, 870, 1029, 1059, 1080; 4/172, 196–198, 200, 217, 218, 803, 1145; 5/85, 207, 709, 979, 1013. См. также индивидуальные представители
- ароматические 1/78, 80, 222, 270–273, 367, 464, 487, 501, 545, 1142, 1147, 1179, 1180; 2/1, 8, 9, 69, 70, 74, 75, 80, 81, 114, 176, 179, 331, 416, 432, 455, 524, 804, 964, 976, 978, 1100, 1143; 3/110, 119, 131, 181, 268, 380, 384, 522, 524, 534, 542, 543, 676, 677, 696, 697, 797, 867, 870, 970, 983, 1017, 1028; 4/48, 172, 718–720, 815, 817, 907, 1145, 1155, 1159, 1198, 1199; 5/59, 85, 123, 124, 126, 142, 200, 238, 450, 526, 530, 709, 781, 1010, 1013. См. также индивидуальные представители
- биогенные, см. Катехоламины
- вторичные 1/79, 80, 197, 222, 269, 423, 605, 641, 642, 682, 947, 968, 979; 2/6, 32, 70, 119, 176, 212, 244, 245, 373, 421, 549, 550, 606, 746, 813, 1044, 1143, 1155, 1279; 3/102, 289, 508, 513, 532–534, 545, 549, 696, 767, 785, 797, 1029, 1049, 1080, 1130, 1195; 4/169–198, 392, 515, 872, 873, 897, 900, 1100, 1131, 1192, 1204, 1205, 1255; 5/14, 200, 207, 222, 239, 261, 709, 784, 793, 825, 977–979, 1012
- галогензамещенные 2/75, 405, 764, 1106; 3/125, 1080, 1237, 1238; 4/71
- перфторированные 1/273
- жиро-ароматические 1/874, 1180; 3/254
- комплексные соединения 2/264, 374, 642; 3/19, 333, 876; 4/907
- метаболизм 3/619, 620
- меченые 3/254
- номенклатура 1/270; 3/573
- N-оксиды 1/242, 243, 244, 271, 1095; 2/1251, 1252; 3/1043, 1045; 4/100, 867
- определение 1/273, 894, 895, 1181; 2/449, 507; 3/526, 795, 797; 5/152, 693, 819, 947, 1057
- оптически активные 3/298
- первичные 1/78, 80, 197, 222, 269, 423, 641, 681, 682, 873, 947, 968, 990; 2/31–33, 66, 70, 74, 75, 83, 114, 119, 176, 179, 186, 212, 325, 330, 373, 416, 549, 550, 746, 764, 815, 1044, 1095, 1106, 1143, 1147, 1155, 1179, 1272; 3/102, 289, 357, 515, 530, 534, 541, 676–678, 701, 702, 715, 724, 785, 797, 839, 870, 1017, 1028, 1073; 4/196–198, 392, 515, 529, 555, 718–720, 760, 897, 900, 938, 1148, 1159, 1168, 1169, 1204, 1205; 5/8, 88, 129, 207, 217, 222, 239, 380, 557, 709, 713, 783, 784, 793, 825, 977–979, 1012
- полимерные 1/269, 273. См. также Полиамин
- получение 1/74, 271, 272; 2/1155, 1171, 1203, 1213, 1214; 3/507, 508, 515, 553, 833; 5/11, 784, 785. См. также Амнирование, Амниололиз, Амниолит
- применение 1/273; 2/294, 300, 436, 1164; 5/420
- пространственно-затрудненные 4/588, 589
- свойства 1/198, 270, 271, 280, 429, 442, 520, 598, 960, 961, 971, 1073, 1074, 1092, 1095, 1129; 2/6, 16, 17, 55, 213, 313, 326, 402, 405, 419, 641, 697, 741, 908, 1155; 3/319, 516, 528, 619, 620, 738; 4/515; 5/10, 57, 208, 567, 786, 859, 860
- соли, см. Аммониевые соединения, Аммоний
- третичные 1/269, 273, 543, 605, 606; 641, 642, 867, 943, 947, 968, 979, 992, 1180, 1181; 2/6, 14, 32, 55, 119, 244, 245, 403, 406, 550, 804, 806, 1106, 1143, 1251, 1252; 3/61, 102, 111, 124, 125, 289, 530, 534, 545, 740, 745, 785, 797, 830, 831, 838, 839, 909, 932, 965, 1197, 1246, 1260; 4/51, 54, 95, 196–199, 390, 500, 515, 699, 806, 866, 867, 897, 900, 906, 917, 922, 1136, 1145, 1192, 1205, 1267; 5/85, 132, 238, 239, 256, 266, 405, 406, 423, 523, 700, 733, 786, 825, 947, 962, 977–979, 995
- хлорированные, см. Хлорамин
- циклические 1/605, 1181; 2/17, 33, 421, 1138; 3/254, 676, 677, 1246. См. также Гетероциклические соединения, Пиперидин, Хинуклидин
- Амиодарон 1/273, 274, 320
- Амипал 4/478
- Амиприн-ДТ-18 3/716
- Амипрофос-метил 1/1033
- Амираны 4/579, 580
- Амидат-натрий 1/455
- Амидит 4/1163
- Амитраз 1/107
- Амитриптилин 1/274, 325, 326
- Амидетин 3/1051
- Амидолы 1/280
- Амиделид 2/205; 3/34, 38; 5/708
- Амиделин 3/34, 38
- Амидин 1/274; 3/575
- водный раствор, см. Амидиновая вода
- диссоциированный 2/326
- жидкий 1/102, 103, 274, 275, 277, 542, 591, 677, 711, 1120; 2/290, 456, 574, 779, 782; 3/91, 110, 172; 4/342, 355, 358, 359, 631, 632, 913, 930, 1138, 1143, 1155, 1157, 1166, 1192, 1251; 5/87, 145, 165, 265, 409, 778, 947, 971, 987, 999
- и круговорот азота 5/84
- комплексные соединения 2/265, 267, 272, 1031, 1032, 1043, 1147; 3/205, 236; 4/752, 779, 877, 1220. См. также Амидин
- коррозийная активность 2/322, 948, 1332, 1333
- межзвездных облаков 2/962
- метаболизм 3/619, 620, 622–624, 697; 4/1261
- несоженный и сожженный 2/326
- определение 1/889, 890, 892, 894, 915; 2/522, 1108; 3/254, 433, 488; 4/628, 668, 786
- пирамидальная инверсия 2/908; 3/1036
- получение 1/103, 104, 275–277, 467, 1049, 1050, 1052, 1087, 1093, 1106, 1107, 1220; 2/17, 25, 82, 566, 569, 620, 664, 668, 692, 693, 842, 845, 846, 885; 3/42, 56, 505, 518, 666, 1254; 4/101, 193, 697, 705, 989, 1140, 1141, 1164; 5/46, 467, 470, 514, 531, 605, 701, 808, 978
- применение 2/17, 799, 802, 995, 1149, 1294, 1310; 3/8, 154, 201, 734, 788, 911; 4/134, 223, 686; 5/54, 150, 593
- свойства 1/6, 92, 193, 194, 206, 230–233, 236–238, 240, 252, 253, 258, 265–268, 271, 274–276, 281, 348, 430, 432, 487, 488, 579, 595, 641, 642, 644, 648, 654, 674, 675, 682, 683, 718, 755, 767, 777, 778, 833, 900, 904, 929, 948, 951, 968, 980, 981, 990, 1053, 1056, 1066, 1071, 1093, 1117, 1123, 1149, 1151, 1152, 1210, 1216; 2/66, 76, 78, 82, 106, 119, 154, 179, 186, 198, 205, 216, 282, 314, 331, 378, 379, 381, 402, 411, 549, 561, 620, 638, 640, 651, 661, 672, 782, 815, 851, 858, 869, 870, 957, 983, 1081, 1155, 1171, 1172, 1215, 1272; 3/119, 169, 170, 191, 227, 279–281, 283, 356, 505, 509–511, 513, 516, 521, 564, 576, 667, 672, 683, 707, 710, 724, 732, 785, 870, 1019, 1028, 1045, 1055, 1073, 1079; 4/200, 205, 208, 392, 482, 507, 536, 657, 700, 686, 690, 691, 696, 750, 803, 899, 900, 938, 1100, 1137, 1141, 1151, 1152, 1165, 1173, 1174, 1192, 1204, 1205, 1256, 1267, 1269; 5/8, 16, 27, 33, 36, 45, 125, 137, 141, 222, 223, 238, 377, 429, 462, 503, 522, 556, 598, 599, 709, 710, 713, 755, 793, 859, 976
- твердый 1/274
- Амидиаты 1/103, 138. См. также Амидин
- Амидиалы 2/1169
- Амидиальные продукты 3/356
- анализ 2/710
- вызвращение 2/127
- вода 1/277, 102, 103, 278; 2/9, 212, 233, 290, 845; 3/244, 847, 867; 4/85, 626; 5/599, 796
- очистка 1/900, 901
- плазма 3/169, 170
- селитра 1/102, 103, 282; 2/290, 498, 870, 1233; 3/172, 173, 505, 564; 4/621, 731, 1267. См. также Амидион нитрат
- Амидиокомплекс, см. Амидин
- Амидины 1/278, 231, 275, 335, 677, 981; 2/264, 265, 267, 272, 290, 335, 552, 555, 556, 579, 710, 821, 920, 926, 928–931, 934, 1043, 1162, 1173, 1248, 1329–1331, 1334; 3/2, 3, 307, 308, 353, 356, 364, 370, 474, 481, 485, 510, 658, 751, 872, 1129, 1130, 1133; 4/394, 437, 534, 544, 563, 564, 875, 877; 5/400, 610, 748. См. также Толенис реактив, Швейцера реактив
- Амидифурин 2/1087; 5/341
- Амидифуринирование 3/672, 673
- Амидионы 1/280, 706; 4/731
- Амидионные соединения 1/278, 235, 279, 280, 675; 3/1164. См. также Очистные соединения, индивидуальные представители

- антитоды 1/328, 329
ионы, см. *Алкиламмоний-катионы*, *Аммоний-катионы*, *Аммоний-катионы*
соли и четвертичные, см. *Аммоний*
Аммонизация 2/870
кормов 1/278
фосфорных кислот 2/290
Аммоний. См. также *Аммониевые соединения*
азид 2/560
алюмосиликат 3/1192
бораты 1/576, 581; 3/979; 5/400
бромид 2/1112; 3/805; 4/437, 1056
ванадаты 1/670–672, 674, 679; 2/1092; 5/142
вольфраматы 1/814, 818, 822; 5/656
галогенометаллаты 1/219, 285, 540, 985; 2/536, 537, 558; 3/495, 751, 1129, 1133; 4/99, 436, 564, 565, 1176
гексанитратоцерат 5/695
гексафторосиликат 1/281; 2/1027
гексанофераты 2/580; 3/1055
германат 1/1042
гидроксид 1/278, 678; 2/123; 4/446, 1168, 1198; 5/116
дигидроарсенат 1/383
диодид 2/1112; 4/1056
ионы, см. *Аммоний-катионы*
карбонаты 1/281, 277, 282, 283, 335, 459, 537, 655, 1067; 2/9, 290, 620, 636, 710, 824; 3/26, 480, 863, 870, 905, 906, 908, 911, 1055, 1079, 1088; 4/133, 544, 877, 1204
кремнефторид 1/281; 2/1027
молибдаты 2/711, 1079; 3/241, 244, 250; 4/594; 5/142, 284, 385
нитрат 1/282, 102, 109, 277, 280, 281, 467, 608, 705, 706, 780, 849, 901, 990, 1000; 2/17, 126, 131, 194, 551, 869, 870, 1290; 3/280, 504, 505, 520, 564; 4/23, 24, 161, 621, 731, 803, 838, 1168; 5/385. См. также *Аммиачная селитра*
нитрит 2/551, 561; 3/517
нитрометаллаты 2/821; 4/533
определение 4/396
органические соединения 1/16, 275, 425, 510, 517, 675, 726, 1034, 1093; 2/152, 272, 282, 445, 545, 620, 669, 775, 813, 1013, 1155, 1288, 1329; 3/6, 114, 290, 492, 896, 985, 1020; 4/133, 536, 900, 1126, 1162, 1248, 1249; 5/130, 223, 278, 394
перксият 2/1088
перманганат 2/1277
пероксиды 3/971, 973
пероксодисульфат 1/282, 283, 541; 3/439; 4/1267; 5/453
персульфат 5/397, 455, 523, 610, 942
перхлорат 1/283, 705, 706; 2/240; 3/360, 986, 990; 4/135, 227, 342, 668
применение 1/280–284; 3/301, 304; 4/495; 5/150
ренат 4/465, 466, 469
селенид 4/619
сульфат(ы) 1/283, 102, 103, 277, 282, 286, 335, 400, 459, 475, 537, 900, 901, 985; 2/17, 152, 235, 272, 356, 498, 566, 569, 592, 616, 731, 775, 776, 835, 846, 869, 990, 1097, 1155, 1187, 1233; 3/69, 172, 362, 492, 564, 863, 969, 1055, 1089; 4/248, 650, 838, 900, 904, 907, 981, 1149, 1151, 1165, 1254; 5/159, 862
сульфид(ы) 1/674, 708, 901, 1037; 2/76, 174, 176, 331, 562, 922, 709, 710, 820, 1001, 1287, 1290; 3/8, 474, 492, 519, 561, 758, 1055; 4/651, 949, 950, 974, 1141, 1174; 5/219, 610, 750, 755
сульфит(ы) 1/900; 2/138, 1174; 3/383, 387, 1055; 4/119, 657, 920, 921
теллурид 4/1024
технетат 4/1112
тиосульфат 5/453, 989
тиоцианат 1/284, 362, 1210; 2/175, 273, 592, 822, 847; 3/244, 250, 280, 365, 1055; 4/626, 1140, 1141, 1147, 1164, 1165; 5/46, 160, 750
ураматы 5/82, 83
фосфаты 1/284, 282, 286, 335, 901, 974; 2/84, 290, 869, 870; 3/520, 564, 646, 648; 4/284, 941; 5/248, 250–252, 408, 749
фторид(ы) 1/284, 96, 281, 285, 540, 1114; 2/572, 590, 1006, 1027, 1208, 1209, 1229, 1245; 3/368, 489, 490, 492, 495; 4/437, 442, 1056, 1224; 5/388, 392, 394, 760
хлорат 5/559
хлорид 1/285, 261, 283, 342, 674, 714, 894, 944, 972, 1116; 2/17, 41, 154, 239, 240, 254, 330, 331, 381, 592, 620, 752, 944, 1147, 1162; 3/107, 165, 181, 367, 479, 511, 520, 683, 696, 751, 825, 847, 1055, 1129, 1133, 1239; 4/544, 558, 875, 985, 1056, 1100, 1168; 5/104, 124, 182, 222, 238, 588, 701, 750, 755
хроматы 2/669; 4/248; 5/615, 631, 632
цианаты 1/558, 683; 3/281, 785; 5/45, 701, 702, 704
цианид 2/331, 752; 3/1055; 5/45
циркаты 5/761, 763, 764
четвертичные основания 1/279, 280, 435, 436, 534, 720, 1180; 2/116, 119, 294; 3/124, 125, 276, 739, 745, 796, 1081, 1164; 4/694, 926, 931; 5/207, 733, 734, 825, 828, 939. См. также *Гофмана реактив*, *Дезаминирование*
– соли 1/193, 235, 237, 270, 278–280, 337, 453, 605, 606, 642, 947, 979, 1074, 1148; 2/31, 32, 116, 379, 418, 419, 436, 636, 1106, 1319; 3/21, 24, 25, 106, 107, 124, 1258; 4/19, 20, 199, 866, 867; 5/204, 395, 397, 947, 949, 978, 991. См. также *Имидные соли*
Аммоний-катионы 1/280, 771; 2/6, 521, 782, 919, 1181; 3/569. См. также *Аммониевые соединения*, *Аммоний*
Аммоний-катионы 3/569
Аммониты 1/280, 281, 282, 607, 608, 706, 1000; 2/127; 4/161, 162, 731
Аммонизация 1/285, 117, 230, 231, 271; 2/82, 415, 420, 1021; 3/107, 115, 804, 951; 4/65, 753, 1152; 5/132, 450, 451, 975, 976, 979, 1010
каталитический 2/667; 3/516, 1079
окислительный 3/671, 116, 241, 449, 516, 522, 672, 708; 2/665, 667, 672, 1091–1093; 4/265, 696; 5/381
селективность 2/667
сложноэфирный 2/785
Аммониты 4/1267
Аммофос 1/286, 277, 284; 2/869, 870, 1293; 3/4, 172; 5/305, 756
Аммошент 2/1233
Амоко А1 полимер 3/1210
Амоксициллин 2/1134
Амортизационные жидкости 1/286; 4/1113, 1114
Аморфен 4/660
α-Аморфен 4/659, 660
Аморфное состояние 1/286, 287, 288; 2/1060, 1069; 3/415; 4/994, 995
и отверждение 3/840
соединения, см. *Аморфные вещества (материалы)*
стеклообразные 4/842, 843, 844
Аморфные вещества (материалы) 5/515
алюмосиликаты 2/664, 665, 679, 680
и зонная теория 4/995
и фононы 4/997
инсулин 2/476
кремнезем 2/1026, 1027. См. также *Силикагель*
кристаллизация 2/1053
лигнин 2/1173
магнитные 2/1240, 1241
металлы и сплавы 2/827, 923, 1240, 1241; 3/421, 484; 4/346, 614, 615, 807, 843; 5/503
неорганическое стекло 4/835
оптические 3/777
полимеры 2/1060; 3/1119–1121
сера 4/631
твердые, реакции 4/411–414
углерод 2/767
фазы в интерметаллидах 2/485
фосфат алюминия 1/218
химическое газофазное осаждение 5/516
электролиты 2/408; 5/863
Амперометрическое титрование 1/288, 289, 445, 810; 2/1099; 3/8, 425, 713, 969; 4/397, 555, 594, 945, 975, 1186, 1187; 5/150, 151, 196, 610, 723, 750, 924
Амплидин 2/1134, 1135
Амплиакт 1/234
Ампул хранения метод 5/53
Ампульные источники нейтронов 5/1022
АМФ, цАМФ, см. *Аденозинмонофосфат*
Амфетамин 4/267, 268; 5/116
Амфибин-Б 3/923
Амфибол-асбесты 1/385, 386
Амфиболические пути обмена веществ 3/612, 614, 617, 618, 621
Амфиболы 1/385, 386; 4/677–681
Амфииндикаторы 2/449
Амфифильные липиды 2/1188
Амфолиты 1/289; 2/408; 3/165, 181, 1163, 1165, 1166; 5/263, 866, 867
Амфоморал 4/228
Амфотерии 2/1262; 4/227, 228, 238
Амфотерность 1/289; 2/778, 781, 782
Амфотерные соединения 1/289; 2/436; 5/207, 208, 384, 447, 616
гидроксиды 1/1076, 1092
гидроксокомплексы 1/1097
диазопроизводные 2/72
ионообменные смолы 1/289, 290; 2/504, 520
кислоты и основания 2/779–782
оксиды 3/698
пиразол 3/1033
поверхностно-активные 1/544, 1137; 2/818; 3/181, 1163, 1165, 1166; 5/780
смолы 2/520
спирты 4/801
1-фенил-3-метил-5-пиразолон 3/1035
Анабазин 1/290, 291, 292; 2/142, 468; 3/487, 1030, 1047; 5/593
Анабазин-сульфат 1/290
Анабенатоксин 5/1055
Анаболизм 3/611, 612, 621, 623–625. См. также *Ассимиляция*
Анаболики, см. *Анаболические вещества*
Анаболические вещества 1/290, 291; 3/174, 598; 4/511, 1239; 5/971
Анагриин 5/525
Аналептики, см. *Аналептические средства*
Аналептические средства 1/291, 292, 1118, 1172; 2/601, 655, 1156; 3/578; 5/593
Анализ
абсолютный 1/119, 120
автоматизированный 1/30, 121, 294–296
активационный 1/119, 121, 2387, 503, 712; 3/421, 432, 437, 436; 5/554, 1016, 1123
арбитражный 1/359, 360, 1148
атомно-абсорбционный 1/402, 410; 2/291, 562, 712, 916, 1235; 3/8, 475, 1133, 1134, 1436, 550, 640, 775, 779, 945, 1144
атомно-флуоресцентный 1/410, 2/292; 4/1209
атомно-эмиссионный 2/916, 3, 1134
бесстружковый 1/542, 543; 3/437
биолюминесцентный 5/153
бромит-броматный 3/69
весовой, см. *Гравиметрия*
вещественный 5/104, 105
высокочастотный 2/897
газовый 1/914, 915–918; 2/709, 1315, 1317; 3/460, 645, 795, 797, 1054
гамма-абсорбционный 1/978
дисперсионный, см. *Дисперсионный анализ*
дистанционный 1/292
дробный 2/710, 711
избирательность 2/347; 1/550
изотопный 2/386, 382, 383, 387, 709, 855, 1308, 1315, 1317, 1318; 1/292; 3/794, 795; 5/497
иммуноферментный 2/423, 426, 1291; 3/970; 5/151, 153
иммунохимический 2/395, 1219; 3/929
инструментальный 1/120; 5/172, 490, 498, 819, 932, 933
капельный 2/606, 607, 711; 1/542; 3/161, 431; 5/114, 284
каталитический 4/640
качественный, см. *Качественный анализ*
кислотно-основной 2/896
количественный, см. *Количественный анализ*
колориметрический 2/861; 3/470, 487, 488, 492, 527, 536, 561, 645, 758; 4/594, 633, 640, 648, 975, 982, 1056, 1174, 1198, 1268; 5/334
композиционный 5/104
конформационный 2/906, 127, 907–915; 1/119, 552; 3/786; 4/857, 859
кулонометрический 4/648
ламповый 3/447
локальный, см. *Локальный анализ*
люминесцентный, см. *Люминесцентный анализ*
методы, см. *Аналитическая химия*, *Методы анализа и исследования*
микрохимический 3/161, 787, 795, 797; 1/292, 293
мокрый 2/709
молекулярный 3/230, 231, 794, 797; 1/292; 2/709, 712, 855; 4/775; 5/497
недеструктивный 3/430, 431
нейтроно-абсорбционный 3/402, 403
нейтронно-активационный 1/120, 121; 2/347, 916, 1010; 3/306, 403, 1133; 4/467, 550, 557, 982, 1062, 1113; 5/77
непрерывный 1/292
неразрушающий 3/430, 431; 1/292
нефте- и нефтепродуктов 3/446, 458–465
объемный 3/645, 8; 4/1174; 5/114, 388, 489, 490. См. также *Типриметрия*
органических веществ 3/794, 795–799; 2/709, 711, 855; 5/425

- парофазный 3/884, 885
парциальная чувствительность 2/347
пирихимический 2/709
полукристаллический 2/712
послойный 2/1212
проб, см. *Пробы аналитические*
пробирный 4/183, 178, 184; 2/709; 3/412, 1133
проточно-нижесекционный 4/245, 246; 2/1100; 5/151
радиоактивационный 1/119–121; 3/8; 5/284, 610
радиоиммунный 2/426, 1158; 4/328
радиоиндикаторный 4/327, 328
радиолигандный 4/517
радиометрический 4/479–481, 1209
радиосубстехиометрический 4/328
радиохимический 1/120, 121
рациональный 5/104, 105
реагенты, см. *Реагенты органические*
регрессионный 3/642, 1106–1109
рейтеновский, см. *Рентгеновский анализ*
ретросинтетический 4/511, 512; 1/1199; 2/886; 3/791–793
рутинный 2/610
седиментационный 2/148, 792; 4/180, 951
селективность 1/550; 2/347
системный, см. *Кибернетика*
ситовой (ситовой) 4/709, 179, 180, 182, 951; 1/1187, 1205; 2/148
сортовой 2/1218
средства, см. *Анализаторы, Аналитические весы*
стандартные образцы 4/819
стереоспецифический 3/794, 797
структурный, см. *Структурный анализ*
термический 4/1057, 357, 880, 1058, 1062, 1085; 2/35, 36, 57; 5/100
термодеполяризационный 4/1062; 5/836
термомеханический 2/35
ультрамикрхимический 3/161
физико-химический 5/174, 175, 177, 515
фазовый, см. *Фазовый анализ*
флуоресцентный 2/1083, 1218, 1219; 3/272; 4/467, 470–472, 475, 982
формы, см. *Аналитические формы*
фосфоресцентный 2/1218
фотометрический 5/334, 173, 335, 498; 2/859; 3/220, 1036, 1044, 1058; 4/396, 397, 1187, 1202
фотонно-нейтронный 5/335, 336; 1/121
функциональный 1/292, 296; 3/794–797
хемилуминесцентный 2/1219; 4/397
химический, см. *Химический анализ*
экспериментальный 5/804, 805–811; 3/865
экспрессный, см. *Экспресс-тесты*
экстракционный, см. *Экстракционный анализ*
электротермический 4/1062
элементный, см. *Элементный анализ*
эмиссионный 2/1235; 3/8, 475; 4/640
Анализаторы. См. также *Анализ, Методы анализа*
автоматические синтезаторы 3/934
аминокислотные 1/472; 3/929
газов, см. *Газоанализаторы*
жидкостной 2/290, 291–293, 712
масс-спектрометрические 2/1309, 1312–1314
Аналитическая химия 1/292, 293–296; 5/480, 491, 492, 497, 498, 509. См. также *Анализ, Анализаторы, Методы анализа*
и жидкостная экстракция 5/833
и разделение смесей, см. *Хроматография*
концентрирование 2/915, 916; 1/295. См. также отдельные *Элементы химические*
маскирование 2/1294, 1295
реагенты органические 4/393, 394–397. См. также индивидуальные представители
Аналитические весы 1/686–688, 691, 757
Аналитические формы 3/168, 169
Аналогия(и)
гипотеза, см. *Реагенты органические*
изобольная, принцип 2/362, 363, 793, 795; 3/82
между кипящим слоем и жидкостью 4/259
процессов переноса 2/543, 1302
Рейнольдса 2/1303; 5/30, 31
Читтона–Колборна 3/1142
Аналуks 1/441
Анальгетики, см. *Анальгетические средства*
Анальгетические средства 1/296, 297, 298; 2/110, 344; 3/274, 400, 675, 1030, 1031, 1035; 4/219, 268, 813; 5/119, 523
Анальгин 1/85, 297; 3/1035; 4/219
Анализин 5/681
Анаплеротические реакции 3/1083
Анаприлин 1/298, 50, 1120
Анастас 3/1011, 1012; 4/567, 1172, 1178
Анатерм 2/807
Анатобин 2/142
Анатоксин a(S) 5/1055, 1056
Анаруксони 2/1105
Анафилатоксин 2/875, 876
Анафорезные лакокрасочные материалы 1/774, 775
Анаэробные процессы
биоочистка стоков 3/861
брожение 1/608–611; 3/101, 861; 5/995
гликолиз 5/296
дыхание 2/240
обмен веществ 1/1135, 1136; 3/611, 614, 625
расщепление углеводов, см. *Гликолиз*
склеивание 2/806
фотосинтез 5/296
Ангели соль 3/508
Ангелицин 1/298
Ангидриды, кислоты
карбоновые 1/298, 114, 150, 270, 442, 450, 476, 943, 1075, 1133, 1203; 2/22, 108, 211, 402, 417, 554, 645, 677; 3/513, 541, 554, 671, 796, 838, 932, 965, 966, 982, 1067, 1212; 4/272, 802, 872, 898, 925, 969, 1136, 1140; 5/10, 57, 123, 368, 369, 585, 962, 978, 1059. См. также *Полиангидриды, Уксусный ангидрид, Фталевый ангидрид*
неорганические 1/299, 300, 442; 2/784; 3/698. См. также *Азота оксиды, Оксиды, Серы оксиды, Фосфора оксиды*
сульфоновые 4/908
сульфоновые 2/630; 3/980; 4/43, 899, 923
угольная 5/44, 45
фосфиновые 5/260
фосфоновые 5/280
– ксилиты 2/1092
Ангидрит 1/870, 871, 956, 1123; 2/588; 4/630; 5/302, 303
Ангидроаспартилглицинимид 1/477
3,6-Ангидрогалактоза 1/32; 2/659, 660
3,6-Ангидро- α -L-галактопираноза 1/31, 32
3,6-Ангидро- α -D-галактопиранозил-(1 \rightarrow 3)-D-галактоза 2/660
1,6-Ангидроглюкоза 1/1128
Ангидрокислоты 2/778
2,5-Ангидро-D-манноза 1/264
Ангидрон 2/960, 1249; 4/158
Ангидроуклеозиды 3/599
Ангидросоединения 1/522, 524; 2/458, 459, 636, 778, 963, 964; 3/830, 1019; 5/202
1,4-Ангидро-D-сорбит 4/769
Ангидросульфиды 2/1085
2,5-Ангидро-D-галактоза 1/264
1,6-Ангидро-2,3,4-три-O-бензил- α -D-глюкопираноза 2/31
Ангидроформальдегиданилин 1/307
Ангинин 3/884
Ангиоконей 4/478
Ангитезиоген 4/468
Ангитезины 1/1120; 4/216, 468
Ангезит 4/591, 602
Анголид 2/34, 35
Англярное сочленение циклов 1/372
Андаксин 3/61
Андализит 3/165; 4/680
Андезин 3/1192
Андезит(ы) 2/776, 1319; 3/1264; 5/134
Анджели–Римини реакция 1/1092
Андрале метод 3/257
Андрогенные гормоны, см. *Андрогены*
Андрогены 1/300, 291, 301; 2/1156; 4/236, 862, 863, 865; 5/218, 971
Андростан 1/1171; 4/862, 865
5 α -Андростан-3,17-дион 1/300
4-Андростен-3,17-дион 1/300
Андростерон 1/300
Андростеронин 2/862; 3/274, 276; 5/119
Андрова реакция 3/672
Анергия 5/804, 805
Анестезирующие средства 2/113, 1175; 3/68, 276, 380, 567, 568, 685, 1030; 4/806, 812, 1263; 5/23, 406, 525
Анетол(ы) 1/301, 302, 311; 2/238; 4/1091; 5/736, 737, 1004
Анизамин 1/302, 303, 320
Анизерин 1/303, 138, 304; 2/655, 656; 3/934
Анид 3/1201, 1238, 1239; 4/1015
Анизидины 1/304, 258, 270, 545, 988; 3/522, 565
Анизидон 1/416
Анизол 1/304, 301, 305; 2/391; 3/108, 134; 4/419, 1135; 5/132, 141, 368, 693, 1008
Анизотропия 1/305, 622, 1158, 1190; 2/112, 190, 193, 286, 289, 299, 300, 330, 485, 739, 1059, 1071, 1223, 1224, 1231; 3/68, 75, 100, 144, 404, 1162; 4/124, 125, 471, 472, 575, 585; 5/790, 820, 889, 890
Анизидин 5/421, 422
Анилан 3/1198–1200
Анилин 1/305, 231, 1029; 2/648; 3/704, 771, 773; 5/369. См. также *Азолены*
Анилин 1/305, 306, 366
и точка растворения углеводов 1/307
определение 1/306, 615, 671, 895
получение 1/306, 513; 2/331, 665, 976; 3/526, 527, 531, 665, 785; 5/126
свойства 1/77, 154, 155, 254, 256, 270, 271, 306, 348, 373, 425, 488, 489, 494, 532, 533, 545, 672, 779, 846, 952, 999, 1071; 2/71, 80, 114, 118, 171, 181, 183, 184, 186, 199, 202, 302, 347, 441, 497, 980, 1081, 1091, 1143; 3/62, 191, 280, 470, 523, 531, 543, 690, 694, 696, 697, 796, 915, 1161; 4/73, 223, 288, 342, 568, 1111, 1192, 1198, 1254; 5/6, 122, 123, 125, 132, 133, 137, 200, 222, 238, 412, 417, 526, 562, 569, 584, 647
соединения, см. *Анилиновые соединения*
Анилиновая точка 1/307; 5/696
Анилиновые соединения 3/1014; 4/719
алкиламещенные, см. *N-Алкиланилины, Диалкиланилины*
антрахиноновые 3/523, 690
N-ацетилзамещенные, см. *Анилиды*
бензойная кислота 1/112
гидрохлорид 1/306, 307, 488; 2/181, 183, 462; 3/471, 696
иодат 2/1108
комплексные 2/264, 1032; 4/752
красители. См. также *Азокрасители*
– азометиновые, см. *Анилиновый черный*
– желтый 5/19
– фиолетовые, см. *Мовсин*
покрывные краски 2/996, 997
сульфат 1/242, 254, 306, 1115
сульфокислоты 1/128, 241, 242; 5/19, 569
тиазолинон 5/800, 801
флуорен 4/71
формальдегидные смолы 1/307, 308, 807; 2/1298, 3/327
фталин 3/1247
хлорат 2/1108
6-Анилинохинолин 1/248
Анилиновый черный 1/307, 248; 2/980; 3/694, 1018
Анилит 3/1
Анилы 2/441; 5/782, 791, 792
Анимерт 1/108
Аниониты 1/772, 1093; 2/200, 504, 506, 507, 1181; 3/54, 341
окислительно-восстановительные 3/663
смоляные, см. *Анионообменные смолы*
Анионные реакции 3/552, 555
межфазный катализ 3/24, 25
олигомеризация 5/394
перегруппировки, см. *Анионотропные перегруппировки*
полимеризация 1/308, 309, 310; 2/285, 621, 673; 3/218, 350, 732, 734, 739, 742, 1195, 1208, 1209, 1224, 1229, 1251, 1269; 4/21, 64, 94, 764–766, 1087, 1088
сополимеризация 4/764–766, 1087
теломеризация 4/1027
Анионные соединения
галогенаты 3/1237, 1238
гетерополипроизводные 1/1060, 1061
гидроксосоли 1/1097
избыточные фазы 4/107
ингибиторы коррозии 2/435
катализаторы 1/308; 2/670, 673
комплексные 2/534, 641, 752, 798, 919, 1107; 4/301
красители 2/995, 996; 3/128; 4/247, 248, 255, 256
поверхностно-активные 1/16, 139, 148, 149, 158–161, 164, 165, 866; 2/151, 1149, 1150, 1174, 1175; 3/181, 184, 375, 376, 992, 1163–1166, 1169; 4/580, 698–700, 833, 918, 923, 927–930, 990, 1012
полимерные, см. *Анионообменные смолы*
флокулянты 5/204
флотореагенты 5/207
Анионогенные воды 1/768, 769
Анионообменные смолы 1/310, 311; 2/520; 3/992; 4/86; 5/49. См. также *Аниониты*

- Анионотропные перегруппировки 1/597, 602; 4/896, 912
аллильная 1/182
Бекмана 1/469, 231, 253, 254; 2/615, 1138, 1213; 3/515, 702; 4/855
Гфмана 1/230, 469, 1179; 2/83, 405, 416, 1213; 3/1029, 1030
Демьянова 2/33, 17; 1/142, 143, 270, 659; 3/939; 4/610, 1190
Курциуса 2/1106, 1213
Лоссена 2/1213, 1214
молекулярные 3/938, 939
нуклеофильные, см. *Ванера-Меервейна перегруппировки*
Смайла 4/728, 729
таутомерные 4/991
Шмидта 2/1213
- Анион-радикалы, см. *Нон-радикалы*
- Анионы
в соединениях, см. *Анионные соединения, Ионы*
«толстые», см. *Межфазный катализ зарядовое число* 2/320
кислотные 2/579. См. также *Кислоты неорганические*
иоменклатура 3/575, 576
определение 2/710, 711, 871
органические 2/526, 527, 579, 986. См. также *Карбанионы*
реакции, см. *Анионные реакции*
- Анионовые соединения
альдегид 1/311, 302, 304, 312; 3/134, 691, 692; 5/1004
масло 1/301, 545; 3/847; 5/147, 746, 1003, 1004, 1006
- Анксиолитики 4/1224–1226
- Аниаберит 3/472
- Аниелирование 1/312; 4/73; 5/713
по Пшорру 4/278, 279
по Робинсону 1/312; 2/886; 3/792; 4/528, 529
по Чичибабину 5/778
по Эльбсу 5/943
фотохромное 5/360
- Анигиляция 5/475, 931
позитрон–электрон 4/316; 5/868
позитрония 3/31
триплетно возбужденных молекул 2/1239
- Аниоподии 1/146
- Аниотин 1/146
- Аниотинии 1/146
- Аниолены 1/312, 313, 377, 378; 3/390, 1243, 1250; 4/767
- Аниолярные липиды 3/52
- Анодирование, см. *Анодное оксидирование*
- Анодная защита 2/323, 435, 950; 3/890; 5/909, 910
- Анодное оксидирование 2/1000; 3/695, 696; 5/451, 913
- Анодное растворение 1/313, 314–316; 2/435, 953–957, 1098; 3/15, 76, 888–890, 1086, 1087; 4/123, 543, 549; 5/104, 753, 846, 853, 854, 902, 907, 908–914, 920, 923, 924, 925
- Анодный эффект 5/388. См. также *Электроды*
- Аноксер 3/1088
- Анохалин
в ряду твердых растворов 4/1006
геохимические 1/1016, 1020
изоморфизм 2/371
критические, см. *Критические явления*
реакция Раймера–Тимана 4/340
– Хеша 5/450
- Аиомерные эффекты 2/21, 368, 908, 910–912; 3/265–267, 269; 5/957
- Аиортит 1/221; 2/578; 3/1192; 4/678
- Аиортотокс 3/1192
- Аиофотетическое электроосаждение 2/1130
- Аири реакции 1/316, 198; 3/555, 556, 701
- Аисамбли
катализаторов, эффект 1/1059; 2/667
молекулярные 4/858. См. также *Катенаны, Ротаксаны*
статистические Гиббса 4/823–827, 830, 1073
циклов 1/141
частиц(пор) 2/148
- Аиса-соединения 1/317
- Аисерии 1/138, 303, 304; 2/655, 656; 3/934
- Аиобаус 4/1111
- Аиантагонисты 1/324, 325, 329, 330; 2/111, 433; 4/695, 773; 5/126, 1055
- Аиантрон 2/982; 4/72, 75, 76
- Аиараповерхностные реакции 1/841–843; 2/127–129; 5/442
- Аиантхит 2/584
- Аиантегит 5/143, 144
- Аиити..., сии 1/317
- Аианталокольные средства 1/317
антидепрессанты 1/325, 274, 317, 326, 341; 2/371, 417, 418, 636; 3/28, 254, 675, 1032; 4/268, 269, 742
нейролептические 1/317; 3/398
транквилизаторы 1/317; 4/1224–1226
- Аиантлергические средства 1/317, 318, 319, 324, 325; 2/30, 585, 959; 5/131
- Аиантамбиные средства 5/118
- Аиантгигиальные средства 3/1026; 4/774
- Аиананемические средства 2/264, 267, 273
- Аианаритмические средства 1/319, 50, 105, 320, 1130; 2/460; 3/568, 1026; 4/695, 1263; 5/522
- Аианароматические системы 1/376–378
- Аиантибиотики 1/320, 321, 603, 1101; 2/503, 526, 1180, 1181; 3/156, 566, 567; 4/231
актиномицины 1/134, 135
аминогликозидные 1/245, 246, 247, 320; 3/1058
ансамблины 1/302, 303, 320
антрациклины 1/356, 320, 357
блеомицины 1/570, 321, 571; 3/926, 927, 1051; 4/236
гризефулвин 1/1202, 321; 4/227, 800
депсипептиды 2/34, 35
дыхательные яды 2/424
ионофоры 2/522–524
как красители 2/972
как пищевые консерванты 3/1088
как фунгициды 5/417
β-лактамы 2/1133, 1134, 1135, 1140; 1/320; 3/924; 4/634; 5/697–699
левомицетин 2/1152; 1/320
линкомины 2/1180, 1181; 1/321
макролиды 1/264, 320, 321; 2/1152, 1262, 1263; 3/499; 4/1097, 1136; 5/738
миномицины 3/178, 179
иовобионы 3/566, 567
нуклеозиды 3/594, 595–597; 1/264
оливомицины 3/740, 741
определение 2/293, 1219
пенициллиновые 1/320, 555; 2/1134, 1135
пептиды 3/924, 472, 809, 925–927, 934; 1/320; 2/34; 5/523
полисионы 1/320, 321; 2/1152, 1262, 1263; 3/499; 4/1097, 1136
полииноны 3/1249
- противопоуколевые 1/321, 570, 571; 3/179; 4/235, 236
- тетрациклины 4/1109, 1110; 1/320
- углеводные 5/38, 39
- фузидиевая кислота 5/411, 412
- хемостерилизаторы 5/449
- цефалоспориновые 5/697, 698, 699
- циклосерин 5/740; 1/320, 321
- Аиитвермы 4/225, 226
- Аиитиваниты 1/751; 3/487
- Аиитивоокристаллизующие присадки 3/278; 4/175
- Аиитивспиниватели 3/683, 711; 4/1257; 5/723
- Аиитивуализирующие вещества, см. *Противовуализирующие вещества*
- Аиитилей-3 1/347
- Аиитильминитики, см. *Противоглистные средства*
- Аиитигеморрагические средства 1/321, 322, 330; 557, 749, 750; 4/248–250
- Аиитигены 1/323, 324; 2/423–429, 477, 478, 875, 877, 1158, 1198, 1200, 1219; 3/50, 749, 929; 4/80, 628; 5/770, 917
- Аиитигипертензивные средства 3/1026
- Аиитигипоксические средства 4/653
- Аиитигистаминные средства 1/324, 318, 325; 2/112, 1176; 4/393, 743; 5/131, 426
- Аиитигризутные взрывчатые вещества 1/706
- Аиитидейтерий 1/347
- Аиитидепрессанты 1/325, 70, 274, 326, 341; 2/371, 417, 418, 636; 3/28, 254, 675, 1032; 4/268, 269, 742
- Аиитидетонаторы моторных топлив 1/326, 47, 157, 327, 500; 2/46, 110, 642, 1288; 3/109, 278, 344, 913; 4/174; 5/994
- тетраэтилвинил 4/1110, 1111
- Аиитидиабетические средства 1/327, 328, 620; 4/901, 932. См. также *Инсулин*
- Аиитидиазотат 1/91
- Аиитидиуретический гормон 1/660, 661
- Аиитидолы 1/328, 415; 2/104, 175, 341, 1161; 3/64, 113, 365, 847; 4/972, 1156; 5/501
для растений 1/329, 330, 994, 1030
- Аиитидымные присадки 3/278
- Аиитикандии 3/499
- Аиитикаварки 5/931
- Аиитиклиальные конформеры 3/571, 572
- Аиитикоагулянты 1/330, 331, 1022–1024; 2/111, 343, 439, 1082, 1145, 1180; 3/203; 5/126, 547, 988, 1040
- Аиитиконвульсанты 2/1275; 3/685; 4/240, 241
- Аиитикопаловая кислота 4/740
- Аиитикоррозионные материалы, см. *Коррозионностойкие материалы*
и присадки 1/286, 922; 2/103, 900, 901, 961, 964; 3/1126; 4/172–174, 1114–1116, 1163, 1237
- Аиитилейкемические средства 5/118
- Аиитималарийные средства 3/707; 4/220
- Аиитиметаболиты 3/927; 5/449
- Аиитимикотики, см. *Противогрибковые средства*
- Аиитимикробные средства, см. *Противомикробные средства*
- Аиитимиотики 4/233
- Аиитимитотики 2/863; 5/22
- Аиитимины 2/242, 343
- Аиитимольные препараты 5/278
- «Аиитимон» 3/575
- Аиитимонаты 4/943, 944, 948
- Аиитимониды 1/331, 332, 333; 2/452; 3/166, 575; 4/102, 111, 112, 118, 943, 981
- Аиитимонил(ы)-катионы 4/943
сульфат 4/943
тарtrate 4/225, 943
- Аиитимонит 4/630, 942, 949, 951
- Аиитимонохалькогеноиды 1/332
- Аиитинакипины 1/333, 657; 3/715
4/900; 5/441, 777. См. также *Винилподготовка, Жесткость воды*
- Аиитинейтрио 3/401; 4/244, 315
5/930
- Аиитинейтрон 5/932
- Аиитиносители, см. *Носители в радиационной химии*
- Аиитинобледеиители 2/381, 585; 3/275
753; 4/1113; 5/660. См. также *Противобледеиители*
- Аиитиозонаты 1/333, 402; 2/1140
3/661, 996; 4/814, 816, 1088; 5/86
124
- Аиитиокислители, см. *Антиокислительные присадки, Антиоксиданты*
- Аиитиокислительные присадки 1/286
501, 1065; 2/103, 310, 961; 3/277,
278, 1126, 1168; 4/167, 172, 174, 175,
400, 438, 439, 1114–1116, 1237
- Аиитиоксиданты 1/333, 31, 80, 199, 334,
335, 402, 640; 2/91, 95, 97, 658, 109;
1194; 3/128, 519, 562, 679, 697, 712,
808, 1234; 4/620, 621, 814, 1125
1139; 5/124, 142, 146, 571, 992
- древесно-смоляной 1/628
- жиров и масел 1/741, 941
и радиационная стойкость материалов 4/291
и синергисты 4/695
- каучуков 1/334, 628, 629, 633, 635
2/376, 706; 3/383; 5/126
- коферементы Q, см. *Убихиноны*
- мембранопротекторы 3/710
- пищевые 3/1088
- полимеров 3/728, 1119
- противоотомители 4/243
- светостабилизаторы 4/588
- скипидара 3/388
- флюолянтов 5/204
- химических волокон 3/1204
- Аиитиосиования 2/782
- Аиитипенные присадки 1/286; 4/171,
173, 439, 1114, 1237
- Аиитиперипланарность, правило 2/129;
5/939
- Аиитиперспираты 2/19
- Аиитипирены 1/335, 949; 2/84, 95, 100,
202, 324, 1246; 3/646, 907–909, 911
1060, 1119, 1221, 1228; 4/93, 948,
1013, 1083, 1102, 1105, 1264; 5/7,
22, 47, 263, 265, 278, 400, 581, 708.
См. также *Горючесть*
- Аиитипирин(ы) 1/335, 297, 336, 440
2/84, 449, 731; 3/1035, 1036; 5/123,
128
- Аиитипиттинговые присадки 4/173
- Аиитипланарные конформеры 3/572
- Аиитипластификация полимеров 3/1118, 1119
- Аиитиподы оптические, см. *Изомерия*
- Аиитипригарные покрытия 3/894
- Аиитипротонии 3/31; 5/932
- Аиитипсихотические средства 3/398,
399
- Аиитирады 1/336; 4/291, 814
- Аиитирастворители 4/611
- Аиитирематонные средства 3/595
- Аиитиржавейные присадки 4/173
- Аиитири 2/457, 458
- Аиитисегнетоэлектрики 3/777; 4/985
- Аиитисептики, см. *Антисептические средства*
- Аиитисептические средства 1/336, 337–
339; 2/17, 226, 594–596, 802, 808
3/34, 113, 278, 304, 305, 377, 388,
503, 563, 834, 995, 1124, 1239; 4/230,
231, 448, 543, 544, 569, 623, 715, 868,
935, 1126, 1204, 1223, 1249, 1250

- 5/127, 133, 147, 223, 416, 418, 419, 421, 585, 588, 746, 749, 752, 756, 774, 955, 979
- Антисимметрия кристаллов 2/1069, 1070
- Антисележители 3/724
- Антисмысловые РНК 3/588
- Антистатики 1/339, 340, 657; 3/683, 716–718, 724, 1119, 1196; 4/175, 189, 400, 580, 699, 700, 1013; 5/268, 318, 974
- Антистоксово рассеяние света 2/865, 866, 1062, 1120
- Антитела 1/471; 2/423–429, 477, 478, 875–877, 1123, 1200, 1219; 3/51, 212, 628, 1194; 5/153, 547, 770, 917
- Антитиреоидные средства 1/340, 341; 2/496, 1156; 4/653
- Антирессорбенты 4/700
- α -Антитрипсин 4/217
- Антитриптий 1/347
- Антитромбин 1/1022; 5/17
- Антифебрины 1/425
- Антиферментные средства 1/341
- ε-аминокапроновая кислота 1/248, 250, 252, 322, 341; 2/615, 616, 635; 3/582
- ингибиторы холинэстеразы, см. *Антихолинэстеразные средства*
- карбонангидразы, см. *Диуретические средства*
- моноаминоксидазы, см. *Антидепрессанты*
- плазмин 4/1097, 1098
- трипсин 4/1270
- Антиферромагнетики 5/102, 164
- Антиферромагнетики 1/341, 677–679; 2/265, 1111, 1238, 1286, 1289, 1290, 1292; 3/68, 98, 167, 409, 881, 882; 4/586, 684, 789, 911, 997, 1039; 5/23, 104, 162, 164, 609, 613, 617, 869. См. также *Магнитные материалы*
- Антифиданты 1/341, 342; 3/994; 4/494; 5/421, 529
- Антифлюорит 4/909, 1022
- Антифризы 1/342, 109, 140, 343, 1133, 1135; 2/212, 381, 436, 571, 585, 627, 700, 1153, 1246; 3/648, 833, 1013; 4/199, 1114; 5/984, 985, 994, 997
- Антифрикционные материалы 1/343, 344; 2/601; 3/243, 250, 418; 4/141, 1247; 5/39, 390, 896
- древесные слоистые пластики 2/230
- полимерные 1/343, 344; 3/1220, 1221
- присадки 3/277; 4/172
- смазки, см. *Антифрикционные смазки*
- сплавы 2/1202, 1333; 3/753, 754; 4/601, 806, 809; 5/753
- твердые покрытия 2/961; 5/760, 896
- Антифрикционные смазки 1/344, 345, 1194; 3/472, 1127; 4/619
- вазелины 1/660, 19; 2/901, 934, 1011; 3/636, 1144
- литол 2/1209
- металлоплакирующие 3/84, 86, 1125–1127
- рабоче-консервационные 2/901
- салидола 4/746, 747; 1/345
- уплотнительные 5/69
- Антихлорозин 2/269
- Антихолинэстеразные средства 1/345, 105, 328, 340, 346; 2/104; 3/710; 5/242, 260, 520, 593, 1036, 1037, 1052
- Античастицы 1/346, 347; 3/401; 4/244, 315; 5/868, 930, 931
- Античный пурпур 2/441
- Антишофренческие средства 3/398, 399
- Антор 1/1029
- Антофиллит-асбесты 1/386; 2/776
- Антоцианидины 1/347; 2/973; 5/201–203
- Антоцианы 1/347, 348, 519, 524; 2/973; 3/1089; 4/1269; 5/140, 202
- Антрагаллол 1/940; 3/689, 690
- Антрагидрохинон 1/349
- 9,10-Антрагидрохинонкарбоновые кислоты 1/350
- Антрагликозиды 4/720
- 1,4,9,10-Антрадихинон 5/521
- Антразо 4/1021
- Антразоли 2/1097
- Антра[1,2-с]изоксазол-6,11-диол 1/351
- Антракоз 5/43
- Антрали 1/492
- Антралилат, метаболизм 3/613
- Антралиловая кислота 1/348, 144, 241, 250, 254, 297, 349, 492; 2/121, 171, 347, 416; 3/559, 613, 1089; 4/219, 381, 1128, 1146, 1180, 1198; 5/1, 380, 381, 520, 529, 551
- 1-Антраиол 5/141
- Антрапиридоны 1/240, 354; 2/149, 981
- Антрапурпурин 3/689, 690
- Антраруфин 2/135, 136; 3/689–691
- Антрафлавин 2/136; 3/689, 690
- Антрафлавиновая кислота 2/136
- Антрафуксон 1/358
- Антрахинон 1/349, 350, 351, 355, 356, 358, 490, 532, 573, 944; 2/78, 79, 331, 972, 979, 980, 1045; 3/389, 390, 524, 525, 689, 706; 4/72, 76, 247, 494, 892; 5/378, 521, 532, 533, 535
- Антрахиноназолы 1/354; 4/74
- Антрахиониламиноантрахиноны 4/72, 73
- 3-(1-Антрахиониламино)бензантрон 4/18
- Антрахионкарбоновые кислоты 1/350, 155, 351, 489; 3/524
- Антрахиононовые красители 1/351, 352–354, 417; 2/976, 977, 995, 1000, 1156; 3/786; 4/18, 908; 5/522, 535
- азоловые 2/980
- активные 1/128
- ацетоорастворимые 1/438
- водорастворимые 4/907, 908
- гидроксиформы, см. *Оксантрахиноны*
- дисперсные 2/149–152; 3/998
- жирорастворимые 2/302
- катионные 3/690, 699, 979
- кислотные 1/352, 353; 2/775, 979, 1000; 3/25
- кубовые 1/352; 2/1093; 3/524, 690, 950
- основные 2/699
- перилеиновые 3/950
- пигментированные 2/440, 996, 1003
- пищевые 3/1089
- полимерные 3/1270
- протравные 1/353; 3/690, 691; 4/247, 248
- прямые 4/247
- Антрахионпиразины 1/354; 2/440; 4/74
- Антрахионсульфеновые кислоты 4/908
- Антрахионсульфокислоты 1/354, 139, 239, 240, 349, 355, 901, 944, 945; 2/78, 976; 3/525, 690
- Антрахионитриазол 1/245
- Антрацен 1/355, 112, 139, 336, 349, 350, 356, 358, 372, 373, 377, 532, 983, 1087; 2/52, 221, 239, 366, 591–595, 618, 846, 847, 1228; 3/27, 1058; 4/108, 329, 419, 719, 1107; 5/647, 719, 738, 812
- Антраценкарбоновые кислоты 1/350
- Антраценовое масло 1/356; 2/594, 595, 618, 846; 3/895; 5/212
- Антраценовые красители 3/689–691
- 9-Антраценсульфокислота 1/356
- Антрациклинон 1/356
- Антрациклины 1/356, 320, 321, 357; 3/690; 4/236
- Антрацит 1/357, 358, 1192; 2/341, 596; 5/42, 43
- Антримиды 1/240, 245, 944; 4/18, 72–75
- Антролы 1/358; 5/140
- бис-Антропиденэтилен 4/75
- Антрон(ы) 1/358, 350; 2/79, 86, 132, 634, 972, 978, 980, 982; 3/127, 333; 4/76
- Антрон-4-карбоновая кислота 1/350
- Антропогенез 1/1020; 3/848–851
- Анфлераж 4/1092; 5/1005, 1006
- Ахимерное содействие 2/130
- Ахимерный эффект 2/130
- Ацимидол 4/429
- Апальцилин 3/385
- Апамин 5/1039
- Апатит(ы) 1/358, 359, 467, 875, 1022, 1156; 2/156, 243, 349, 546, 578, 589, 590, 869, 937, 1031, 1145; 3/167, 564, 633, 863, 1193; 4/156, 350, 434, 561, 707, 708, 939; 5/205, 250, 281, 284, 297, 298, 301–303, 306, 386, 694, 756
- Апельсиновое масло 2/251; 3/432, 725, 1179; 5/1003, 1004, 1006
- Апигенин 5/200
- Апиезон L 1/918
- Апиейл 4/1082–1084
- Апикальное положение 1/359, 119; 2/127, 128; 5/292
- Аплизидатоксин 5/1045
- Апиза 3/896; 4/578; 5/37
- Апизомидин 1/582
- Апоатропин 1/414
- Апоксантоксилетин 1/535
- Аполипопротеины 2/1198
- Апоморфин 1/359, 317; 3/399, 848; 4/393
- Апорфины 2/398, 399
- Апоферменты 1/555; 2/967, 968, 970; 3/471; 4/430; 5/151, 159
- Апохлещевая кислота 2/278
- Апохлещевые красители 3/129, 130
- Аппараты. См. также аппараты отдельных типов
- БГС 1/1188
- ВЭТС 2/391
- для создания высоких давлений 1/1219, 1220
- искусственной погоды 1/402
- концентрационный кил 3/422
- масштабирование 2/1320, 1321
- мембранные 3/43–45
- объемного вскипания 2/761
- производительность 3/340; 4/716
- с повышенной однородностью газожидкостного слоя 4/990
- с псевдооживленным слоем 1/62, 1188; 2/1307; 3/263–266; 4/401, 736, 961–963
- секционированные 4/263, 264, 989
- структура потоков 4/881, 882; 2/1320, 1321
- Аппретирующие средства 2/94; 3/282, 284, 730, 1119, 1228, 1239; 4/738, 1013; 5/143, 669
- Апрессии 1/522, 1119, 1120; 3/1044; 4/774
- Апридин 1/319, 320
- Апротонные соединения
- кислоты 1/953, 1160; 2/642, 664, 666, 697, 770, 774, 784; 4/1157
- растворители 1/752; 2/115, 121, 620; 3/815; 4/244, 359, 372; 5/304, 392, 444, 778, 860
- Апрофен 5/592
- АП-сайты 4/492, 493
- АП-эндонуклеазы 4/492
- Ара-А 3/594–596; 4/218
- Арабианы 3/615, 616, 896; 4/34
- Л-Арабинат 3/615, 616
- Арабиногалактаны 4/34
- Арабинозосвязывающий белок 1/484
- Арабинозы 1/484, 1006, 1138; 2/232; 3/263, 269, 615, 616, 896; 4/578; 5/37, 201, 957
- Арабиносиланы 4/34
- 1-β-D-Арабинофуранозилцитозин 3/599
- Арабиты 3/615, 616
- Арагонит 2/586, 636, 637; 3/164, 276; 4/24
- Аралкильная группа 1/159
- Аралкильные соединения
- амины 5/1013
- галогениды 1/964; 2/379; 3/516; 4/1134
- гидразидгидрохлориды 1/1072
- пероксиды 3/975, 976
- пиридины соли 2/1113
- Арамидные волокна 1/1013; 2/878; 3/802–804, 1202, 1210; 4/1013, 1082–1084
- Араминирование 1/366
- Арахидеи 3/397
- Арахидиновая кислота 1/165, 296, 318, 863–865; 2/307, 1177, 1188; 3/395–397; 4/211, 219, 382; 5/271
- Арахидиновая кислота 1/863, 864; 2/15; 3/1186; 4/377, 378, 744; 5/551
- Арахисовое масло 3/730; 4/377–381, 383
- Арбитражный анализ 1/359, 360, 1182
- Арболит 2/229
- Арбориды 1/1025, 1028, 1033
- Арбузова реакция 1/360, 172, 173, 361, 362, 966; 2/94, 95; 3/316, 765, 967; 4/1264; 5/7, 260, 266, 276, 279, 297, 310, 312, 313
- Аргемонии 2/398, 399
- «Аргент» 3/575
- Аргентит 4/630, 636, 637
- Аргентометрия 1/362; 2/450, 496, 1083, 1217, 1218, 1230; 3/64; 4/159, 636, 1189; 5/19, 523, 957
- Аргентарозит 4/637
- Аргиназа 3/810
- Аргинин 1/362, 250, 253, 254, 363, 475, 476, 1013, 1210; 2/634, 635, 743, 1144, 1169; 3/175, 176, 199, 619, 620, 809–812, 881, 926, 931; 4/217, 568, 894, 1229, 1241, 1260, 1262, 1270; 5/16, 17, 954
- Аргинин-богатые гистоны 1/1124
- Аргинин-вазопрессин 1/660
- Аргинин-вазотонин 1/660
- Аргининосукцинат 3/810–812
- Аргининосукцинат-лиаза 2/1169; 3/810
- Аргининосукцинат-синтетаза 3/810; 4/812
- Аргининосукцинат-синтетаза 2/1004
- Аргиродит 1/1036
- Аргиропея 1/189
- Аргон 1/363, 399; 2/963; 3/164; 5/937. См. также *Благородные газы*
- жидкий 4/300
- гидраты 1/911
- клатраты 1/569; 2/1043
- определение 1/363, 885
- получение 1/363, 796, 904, 929, 930; 2/393, 580; 5/602
- применение 1/363, 364, 410; 2/148, 326, 452–454, 493, 562, 625, 1034, 1119, 1120, 1124, 1317, 1318; 3/93, 648, 658, 1099; 4/139, 554, 1079, 1244; 5/61, 656, 750, 755
- свойства 1/6–8, 363, 568, 569, 926, 949, 1015; 2/198, 243, 767, 1077; 3/957, 958, 1093; 4/152, 639, 813, 1039, 1173; 5/16, 71, 387
- фторид 2/1124; 5/812
- Арсел 3/1213
- Ареколины 3/1047, 1048
- Арен 1/364
- Аренда метод 5/655

- Ареневые ноны 1/365; 5/905
 Ареневые комплексы переходных металлов 1/364, 365, 823; 2/274, 275, 795, 1288; 3/82, 84, 251, 252, 478, 787, 826; 4/468, 566, 986; 5/538, 633–636, 763
 Аренониевые ионы 1/365
 Ареноний-катионы 1/365; 2/777
 Аренса – Ван Дорпа реакция 5/1000
 Ареитиолы, см. *Тиофенолы*
 Арены 1/365, 149, 150, 372, 676, 958, 987; 2/275, 638, 647; 3/673, 735, 833; 4/1140. См. также *Ароматические углеводороды*
 Ареометры 3/1146–1148
 Арзамиты 1/1046; 2/1319
 Арил 1/365
 1-Ариладамантаны 1/34
 Арилазиды 1/70, 72–74, 515; 5/791
 Арил-2Н-азирин 1/77
 Арилокарбонные кислоты 3/432
 β-Арилкариловые кислоты 5/57
 Ариладифатические кислоты 1/1027, 1028
 Ариалканы 4/32
 Ариалкенилидоновые соединения 1/959
 Ариалкены 3/82, 444
 N-Арил-N'-алкилгидразины 1/87
 Ариалкилиденовая группа 2/325
 Ариалкиловые эфиры 1/118; 2/629
 N-Ариалкилпиридиния соли 2/1113
 Ариалкилсульфамиды 1/127
 Ариалкильные группы 2/325
 Ариалкилитариные кислоты 2/1273
 Ариалкоксисиланы 1/171
 Ариалкиловые эфиры 2/786
 Ариламиды 1/78, 305; 2/419; 3/704, 830, 1015. См. также *Азотолы*
 1-Ариламиноантрахиноны 2/302
 Ариламиновые красители 2/977
 3-Ариламино-1,2-дитиолы 2/179
 α-Ариламинокетоны 1/567
 6-Ариламино-3-метилатрапиридоны 4/18
 Ариламиносульфаматы 4/900
 Ариламины 1/567; 2/70, 455, 457, 815; 3/541, 674, 953, 1168; 4/73; 5/200, 241, 434, 530
 3-Арил-6-ариламиноантрапиридоны 2/78
 Арилароксисиланы 1/172
 Ариларсоновые кислоты 1/463, 464, 545; 2/17
 2-Арилбензимидазолы 1/498
 Арилбензоаты 4/589; 5/372
 N-Арилборазолы 1/579
 Арилбораны 1/594–596, 602
 Арилбордихлориды 1/594
 Арилборные кислоты 4/976
 1-Арил-1,3-бутандиены 3/10
 Арилавиниловые эфиры 1/118
 Арилгалогениды 1/149, 150, 243, 254, 272, 366, 592, 593, 596, 947, 959, 964, 1075; 2/17, 315, 646; 3/61, 179, 516, 801; 4/872, 916, 924, 1139, 1145, 1154, 1166, 1204; 5/58, 59, 197, 1042. См. также *индивидуальные представители*
 Арилгалогеноний, борофториды 3/765
 Арилгалогениотрифосфаты 1/961
 2-Арил(гетерил)этиламины 3/1021
 Арилдизины 1/74, 491, 506, 507, 1070, 1072, 1074, 1075; 2/73, 338; 4/1198
 Арилдизоны 1/506, 507; 2/457; 5/197, 1059, 1060
 Арилдидиолиты 2/1204
 Арилдидроксиламины 1/680, 1095; 4/1197, 1198
 Арилкизиды 2/733
 Арилпиоксали 2/938
 Ариладизоны соли 1/374, 463, 965; 2/17, 279; 3/82, 389, 432, 706, 722, 765, 797; 4/553, 914, 926, 1140, 1269; 5/197, 781, 1059
 Арилдилалкиламины 1/605
 N-Арил-1,4-диаминоантрахиноны 2/77
 4-Арил-3,4-дигидропиримидины 3/1050
 1-Арил-1,2-дигидрофталазины 5/375
 Арилдиметиламины 4/99, 100
 Арил-4,4-диметил-2-оксазолины 3/683
 Арилдифосфорные кислоты, изобутиловые эфиры 4/172
 Арилдихлорфосфины 1/964
 Арилеидамины 2/455; 5/530
 Арилесилоксановые каучуки 2/1012
 Арилесульфоны 4/934
 Арилфел 3/1213
 5-Арилендбарбитуровая кислота 5/213
 9-Арилендфлуорены 5/213
 Арилиды 1/305, 506
 Арилизониаты 1/252; 2/401, 1139; 4/1167, 1168
 2-Арил-1,3-индандионы 2/439
 Арилиодиды 2/315; 4/158
 Арилообразование 1/365, 366, 1070, 1157, 1158; 2/313, 889; 3/557; 4/279, 1135, 1140, 1157; 5/312, 438, 439
 N-Арилкарбаматы 1/1026, 1029, 1030
 N-Арилкарбаминные кислоты, нитрофениловые эфиры 2/406
 Арилкарбинолы 1/198
 Арилкарбоксилаты 2/436
 Арилкарбоновые кислоты 1/1026; 2/21, 581, 632, 633
 4-Арил-4-кетомасляные кислоты 5/1058
 Арилкетоны 1/519; 2/421
 α-Арилкоричные кислоты 3/966
 9-Арилксантены 2/88
 9-Арил-9-ксантогидролы 2/88
 Ариллитий 2/1203
 Арилмагнийгалогениды 1/969; 3/112
 Арилмеркаптан 4/1135
 Арилмеркуралогениды 1/150, 385; 4/552
 Арилметановые красители 1/366, 367, 368, 530; 2/114, 606, 995, 1082, 1128; 3/129, 169, 692, 834; 5/6, 8, 126
 акридиновые 1/112, 113, 114, 366, 367; 2/979
 жирорастворимые 1/367; 2/302
 катионные 2/700
 кислотные 1/367; 2/775, 776
 ксантоновые 2/1082, 366, 979, 1083, 1128
 лейкосоединения 1/367, 368
 малахитовый, см. *Малахитовый зеленый*
 основные 1/367; 2/302, 700, 1128; 3/181, 833, 834
 пигментные 3/1016
 пищевые 3/1089
 трифенилзамещенные 1/238, 366, 367; 2/990, 1156; 3/181, 1089; 4/504
 Арилметилкетоны 2/647
 Арилметилевоксины 5/1008
 2-Арил-3-метилоксазолины 3/681
 Арилмочевны 1/1026; 3/1125
 2-Арил-1,4-нафтохиноны 3/389
 Арилитрены 3/507
 Ариловы эфиры 2/17
 Арилокс 4/59
 3-Арилоксазириниды 3/677, 678
 Арилоксалы 2/1228; 3/679
 Арилоксилканкарбонные кислоты 1/1026, 1028
 Арилоксидины 5/360
 Ариллюмоновые кислоты 4/595, 596
 β-Арилпропионитрилы 5/449
 Арилсалцилаты 4/588–590
 Арилсерные кислоты 4/905, 908
 Арилсиланы 3/989
 Арилсилатраны 2/1024; 4/672
 Арилсилкаты 1/170–172
 Арилстибионовые кислоты 4/945, 946
 Арилсульфамиды 2/1228
 Арилсульфатазы 1/368, 1097
 Арилсульфат-сульфогидролазы 1/368
 Арилсульфаты 3/1233; 4/904, 905
 Арилсульфенилхлориды 3/733
 Арилсульфиновые кислоты 1/1068; 4/152
 Арилсульфиты 4/921, 922
 Арилсульфокислоты 1/251; 2/140, 534; 5/59
 азиды 1/71
 амиды, см. *Амиды*, *Сульфамиды*
 галогениды 1/1069
 гидразиды 1/1068, 1069, 1072; 2/645; 3/907
 гидросиламины 1/1094; 3/507
 изоцианаты 4/932
 эфиры, см. *Арилсульфонаты*
 Арилсульфонаты 1/711; 2/311; 3/1169; 4/930; 5/340, 341, 999
 Арилсульфоиллазиды 1/71
 Арилсульфоиламиды, см. *Амиды*, *Сульфамиды*
 Арилсульфоилгалогениды 1/71, 1069
 Арилсульфоилгидразиды 1/71, 633, 639, 1068, 1069, 1072, 1076; 2/376, 645; 3/907
 Арилсульфоилгидроксиламины 1/1094; 3/507
 Арилсульфоилизоцианаты 4/932
 Арилсульфоиновые кислоты, см. *Арилсульфокислоты*
 Арилсульфотрансфераза 1/368, 369; 4/1242
 Арилтеллуриды 4/1025
 Арилтиомидаты 3/1028
 Арилтиокарбаматы 3/606, 607; 4/1131, 1143, 1159
 Арилтиокарбены 4/913
 Арилтиосериные кислоты 4/1150
 Арилтиосульфаты 4/1149, 1150
 Арилтиофены 1/1158
 Арилтиохлориды 3/581
 Арилтиоцианаты 4/1165–1169
 Арил-1,3,5-триазины 4/1248
 Арил-1,2,3-триазолы 1/342
 Арилтриметилсиланы 1/958
 Арилтрихлорсиланы 2/1032
 Арилугольные кислоты 2/639
 Арилукусные кислоты 1/708; 2/344, 439; 4/278, 279
 1-Арил-3-фенил-5-пиразолы 1/506, 507
 Арилфеноксиуксусные кислоты 1/164
 Арилфеноло-формальдегидные смолы 1/156, 157, 163, 164, 645, 646, 847; 3/568
 Арилфенолы 4/340
 N-Арилформамиды 2/1155
 Арилфосфаты 3/1168; 5/255
 Арилфосфинистые кислоты 1/253
 Арилфториды 5/781
 2-Арилфураны 1/1158
 4-Арил-3-хлор-2-бутанолы 3/109
 Арилхлориды 3/181
 Арилхлорсиланы 2/297
 Арилхлорсульфаты 4/907
 Арилэстеразы 2/635
 2-Арилэтиламины 2/398
 Арилэтилены 2/1228; 3/965, 966; 5/353
 Арилэтоксисиланы 1/172
 Ариамид 1/805; 4/1082–1084
 Ариновый механизм, см. *Нуклеофильные реакции*
 Арины 1/369, 374, 531; 2/314
 Аристеронии 3/595
 Аристокламаты 2/398, 399
 Аристотелевы начала 1/189, 190
 Арканит 2/570
 Аркела – де Бура метод 3/255
 Армангит 1/382
 Армин 5/276
 Армированные материалы
 бетон, см. *Полимербетон*
 вибропокрытия 2/328
 волокниты 1/807, 369; 3/806, 1119–1121; 4/1, 845, 847, 848, 970
 ионообменные мембраны 3/54
 керамические клеи 2/800
 композиты, см. *Композитные материалы*
 наполнители 2/877–880; 3/74, 327–330, 417, 501, 1010, 1200
 полимерные, см. *Армированные пластики*
 Армированные пластики 1/369, 370; 2/322; 3/144, 145, 327, 501, 1219, 1249, 1268; 4/70, 604, 723
 асбестовые, см. *Асбластики*
 борные, см. *Боропластики*
 волокниты 1/807, 369; 3/806, 1119–1121; 4/1, 845, 847, 848, 970
 гетинаксы 1/1062, 369, 1063; 3/1121; 4/163, 723
 древесные слоистые 2/230, 224, 225; 1/369, 370; 3/327; 4/723
 композиты 2/877–880
 переработка 4/12–16
 препреги 4/163
 самоориентированные 3/1120
 синтетические, см. *Органопластики*
 сотовые, см. *Сотопласти*
 стекловолокнистые, см. *Стеклопластики*
 текстолиты 4/1013, 1014; 1/369; 3/1121
 углеродные, см. *Углеродные пластики*
 фенильные, см. *Фенопласты*
 Армо-железо 2/271, 273
 Армстронга-Вина кислота 3/385, 386
 Армстронга-Ниецкого теория 5/651
 Арнда-Айстерта реакция 1/370, 371, 810, 943, 1162; 2/71, 648; 3/498; 4/610
 Арнель 1/425–427
 Арнит 3/1220–1222
 Ароленбензимидазолы 4/76
 Аролениндиазолы 2/149, 150
 Аролукусные кислоты, эфиры 5/200
 Ароксигруппа 3/573
 Ароксидиалкилолово 3/761
 Ароксисилазы 3/804
 Ароксисиланы 1/170–172; 2/1019, 1020, 1022; 4/1111
 Ароксильные радикалы 1/371; 4/301; 5/142
 гальваникоксильный 1/977, 978; 4/302
 Ароматаза 5/971
 Ароматизация
 моющих средств 1/683
 нефтяного сырья 1/372, 140; 2/679, 682, 684, 685; 3/441, 466; 4/1124
 пищевых продуктов 1/680, 681; 2/539, 1275; 3/1089, 1090. См. также *Отдушки*
 Ароматические соединения 1/372, 365, 366, 373–379, 442, 604, 654–656, 942, 948, 954, 1056–1058, 1060, 1218; 2/5, 10, 12, 170, 171, 314, 534, 632, 633, 697, 747, 886, 1147, 1219, 1232; 3/528–531, 534–539, 542, 603, 604, 623, 660, 661, 784, 1022; 4/420, 1017, 1018; 5/66, 545, 943, 976
 азотсодержащие, см. *Азосоединения*, *Амины*, *Диазосоединения*, *Нитро-соединения*, *Нитросоединения*
 альдоксимы и кетоксимы, см. *Оксимы*
 ацилзамещенные, см. *Амиды карбоновых кислот*, *Имиды карбоновых кислот*

- бензидные 1/372, 1062
винилоли 1/718
гидразины, см. *Гидразина замещенные органические*
дикислорные, см. *Пероксидные соединения органические*
жирного ряда, см. *Жирыароматические соединения*
карбонилсодержащие, см. *Альдегиды, Кетоны, Хиноны*
кислоты, см. *Карбоновые кислоты, Оксикислоты, Сульфокислоты*
красители 2/972, 973, 976, 978–982
мебнусовские 1/379
небензидные 3/390
оксипроизводные, см. *Оксиальдегиды и оксикетоны, Фенол, Фенолы*
ониевые 1/957–959; 3/765
полимерные 1/387; 3/1202, 1205, 1209, 1210, 1245, 1247, 1248, 1259; 4/93–95
системы диатропные 1/378
– паратропные 1/378
– связей, см. *Ароматичность*
смолы 2/1113; 4/738
углеводороды, см. *Ароматические углеводороды*
хюккелевские 1/376, 378, 379
эфиры, см. *Ацетали и кетали, Ксантогенаты, Эфиры простые, Эфиры сложные*
Ароматические углеводороды. См. также *Арены, Ароматичность*
ион-радикалы 4/300
определение 3/795; 4/425
полициклические 1/983, 1090, 1106; 2/291, 292, 1219; 3/1058; 5/444
получение 1/902, 1069, 1089, 1090, 1113; 2/121, 678, 684, 845, 1005; 3/346, 432, 443, 449; 4/1058–1060; 5/15, 681, 833
применение 2/1227, 1228; 3/466.
См. также *индивидуальные соединения*
свойства 1/307, 365, 943, 947, 969, 983, 1082, 1090, 1133, 1160, 1161; 2/1, 25, 75, 76, 633, 685, 686, 693, 1175, 1223; 3/119, 371–373, 406, 458–465, 516, 726, 1021, 1058, 1059, 1061–1066; 4/416, 417, 515, 526, 553, 916, 917, 923, 1168, 1201; 5/8, 36, 224, 367–369, 417, 418, 646–648, 696, 811, 903. См. также *Ароматические соединения*
Ароматичность 1/375, 372, 373, 376–379; 3/84, 371, 390, 964; 4/767; 5/108, 643
Ароникс 3/746
Аронит 4/225, 226
Арохинолины 4/719
Аррениуса уравнение 1/379, 61, 126, 380, 1051; 2/683, 754, 755, 777, 903, 1034; 3/257, 954; 4/310, 415, 418, 421, 871, 1029, 1058; 5/28, 153, 952
«Арс» 3/575. См. также *Мышьяк*
Арсаметиланины 3/317
Арсеназо 1/380, 381, 537, 986; 2/451; 3/310; 4/394–397, 436
Арсенат-анионы 3/317
Арсенатофосфаты 5/253
Арсенаты 1/381, 382–384; 2/474, 475; 3/166, 305, 312, 577
Арсениды 1/383, 384, 385; 2/452, 453, 670, 734, 735; 3/76, 165, 166, 304, 305, 873; 4/102, 107, 109–112, 114, 115, 117, 118, 346, 981
Арсенин 3/317
Арсениметрия 1/615
Арсениты 1/381, 463; 2/474; 3/166, 969
Арсеолиз 5/243
Арсеолиз 3/311
Арсеопирит 1/384, 1104, 1175; 3/304, 311, 631
Арсеофосфиды 1/384
Арсенохалькогениды 1/384
Арсин(ы) 1/384; 3/305, 306, 308–310, 757; 4/223, 390, 533; 5/710. См. также *Мышьяк*
галогениды 1/385. См. также *Адамсит, Люзит, Мышьякорганические соединения*
имини 3/315
кислоты 3/315
оксиды 1/385
третичные 3/310, 315. См. также *Триорганарсины*
«Арсин» 3/575. См. также *Мышьяк*
Арсоний
катионы 1/385
соли 3/315, 1164; 4/867; 5/825, 828
Арсеновые кислоты 1/385
[(2-Арсенофенил)азо]гидроксинафталинсульфокислоты 1/380, 381; 4/1220, 1221
Артеренол 3/578
Архимеда
закон 1/700; 3/1146, 1147
метод анализа 2/709
спираль 3/1144
число 3/1184
Арчиальда метод 3/218
Асахи 3/1139
Асбест(ы) 1/385, 262, 561, 563, 616, 754, 788, 1182; 2/208, 803, 806, 1010, 1234, 1245, 1319; 3/324, 327, 328, 406, 854, 867, 1126, 1193; 4/538, 677, 809, 1039; 5/143, 144, 554
амфиболовые 1/385, 386
антофилитовые 1/386; 2/776
«вращения» 1/386
как канцероген 2/605, 606
материалы, см. *Асбестовые материалы*
хризотилитовые 1/19; 2/112
Асбестовые материалы
аскарит 1/1182; 2/960; 4/158
бумага 1/386, 387, 1062, 1063
войлок 1/2
волокна 1/801, 802, 807; 2/328, 960; 3/417; 4/165, 221, 291, 1082
волокнистые 1/386, 387, 807
гетинакс 1/386, 387, 1062, 1063
пластики 1/386, 387, 802, 807; 3/35, 327, 806, 1119; 4/723
платинообразные 2/497, 750
плитки смоляные 2/1101; 3/467
– цементные 2/1101; 3/127
текстолиты 1/386, 387; 4/1013, 1014; 5/144
теплозащитные 4/1041, 1042
Асболов 2/819
Асидол 1/387; 3/446; 4/726
мылоафт 1/388; 3/378
Асимметрические атомы 1/388, 389–392, 619; 2/313, 366, 367, 599, 863, 899, 905, 906; 3/27, 265, 569, 570, 602, 773, 930; 4/390, 848; 5/198, 546, 1015
Асимметрические превращения 1/393; 4/392
Асимметрический синтез 1/388, 390, 391, 393; 2/53, 538; 3/25, 84; 4/389, 416, 856, 858; 5/952
катализ 1/389, 392
Асимметрия 5/71, 72
параметры 3/68; 5/1023
потенциал 3/135
разделительных мембран 3/55, 56
Аскагель 3/838
Асканит 3/838
Аскариндол 1/393; 3/975
Аскарит 1/1182; 2/960; 4/158
Аскол 2/1101
Аскорбат, метаболиты 3/613, 615, 616
Аскорбингены 1/745
Аскорбиновая кислота 1/302, 557, 559, 615, 684, 751, 752, 1155, 1173; 2/205, 305, 336, 499, 606, 757, 944, 1179, 1230, 1233; 3/225, 271, 272, 613, 627, 666, 712, 1088; 4/92, 253, 396, 397, 695, 769, 817; 5/39, 636, 685. См. также *Витамин С*
Аскорбинометрия 4/396
Аскофит 2/173
Аспарагин 1/393, 249, 254, 264, 394, 477, 558, 1097, 1139; 2/1163, 1228, 1278; 3/175, 619, 620; 4/215, 236, 526, 536, 1169, 1261; 5/161, 218, 273, 517, 518, 606
Аспарагиназы 1/394, 1097, 1098; 3/926, 927; 4/236
Аспарагинглицин 1/477
Аспарагинин-амидогидролазы 1/394
Аспарагиновая кислота 1/394, 138, 139, 249, 393, 435, 1130, 1144, 1151; 2/76, 395, 408, 464, 577, 695, 875, 1176, 1178, 1273; 3/175, 176, 199, 613, 811, 812, 922, 923, 931, 937; 4/832, 1261, 1270
Аспаркам 1/1130
Аспартаза 2/464
Аспартам 1/394, 395; 2/539; 3/934, 1090; 5/121
Аспартаг 3/613, 619, 620; 4/1260–1262
Аспартаминотрансфераза 1/395, 396, 472, 742; 2/396, 969; 3/937; 4/1242
Аспартаг-аммиак-лиаза 2/1169
Аспартаг-карбамоилтрансфераза 1/396
Аспартилгидроксаматы 1/477, 478
Аспартилполуальдегид 3/619, 620
L-α-Аспартил-L-фенилаланин, метиловый эфир 1/394
Аспартилфосфат 4/1261
Аспертилловая кислота 1/397, 398; 3/1033
Аспидосперматан 2/457
Аспириин 1/297, 434; 4/212, 568; 5/111, 133, 143
Аспитокс 3/563
Ассимиляция 1/553, 1149, 1151; 2/633; 3/503, 504, 697, 810–812. См. также *Анаболизм, Биосинтез, Фотосинтез*
Ассоциация
в растворах 2/299–301; 4/366–369, 372, 376, 405–407; 5/859, 860
и катализ 2/662, 663
ион-молекулярная 2/505; 5/72, 546
ионная 2/516, 522; 4/244; 5/863
ПАВ, см. Мышьякообразование
при изотопном обмене 2/387, 388
Астаксантин 2/656, 657, 972
Астат 1/397, 398, 969, 970; 3/413, 606, 958, 959; 4/102, 106, 323–325, 336, 813; 5/935
Астерол 4/229, 230
Астиян 2/972
Астмомент 3/817
Астралиты 4/731
Астраханит 1/956; 2/1234, 1251; 3/361
Асулам 1/1030
Асфальт 1/398, 563, 564, 871, 872; 2/112, 703; 3/452, 1245; 4/668
Асфальтены 1/398, 399, 563–565, 727, 1086, 1087; 2/1251, 1276; 3/457, 459, 465, 467, 608
Асфальтиты 1/562, 673
Асфальтобетоны 1/564; 3/445; 5/172
Асфальтогенные кислоты 1/564
Асфальтолы 1/1086
Асфальтополимербетон 1/564
Атактические полимеры 1/287, 858; 2/674, 809; 3/1219, 1263; 4/21, 28, 30, 306, 849, 851; 5/713
Атарактики 4/1224
A-Телл 4/90, 91
Атенол 1/49, 50
Атермические растворы 4/368, 369
Атеронд 1/1118
Атертона реакция 4/1192
Ативан 4/1225
Атизин 2/171, 172
«Атипичные» антидепрессанты 1/325, 326
Ат-комплексы 1/210
Атмосфера 1/399, 400; 5/42, 43, 46, 342, 684
и биосфера 1/553
и гидросфера 1/1109
и космохимия 2/961–963
и разрушение металлов, см. *Атмосферная коррозия*
– полимеров, см. *Атмосферостойкость*
ионизация 2/532
ион-молекулярные комплексы 2/505
ионная раствора 2/7, 8
ионно-молекулярные реакции 2/509
клапки элементов 2/789
контролируемая, см. *Защитный газ*
озоновый слой 4/196
экология 3/849; 4/320. См. также *Воздух, Охрана природы*
Атмосферная коррозия 1/400, 401, 402, 973, 974; 2/271, 321, 322, 436, 767, 951, 952, 956, 1332, 1333; 4/173
Атмосферные установки
вакуумные 2/166–169, 592, 593; 3/609
дистилляции (перегонки) нефти 2/166–169; 3/609; 4/460, 461
ректификации каменноугольной смолы 2/592–594
Атмосферостойкость
и светостойкость 4/590
лаков 4/52
лакокрасочных покрытий 2/1129, 1132, 1133, 1296, 1297; 3/1010
органосиликатных материалов 3/806
пленкообразователей 3/1140
полимеров 1/402; 3/992; 4/590
синтетических полимеров 2/706, 708
Атмосферные химические элементы 1/1015
Атмохимический поиск полезных ископаемых 1/1016
Атом(ы) 1/402; 5/508
а.е.м., см. *Атомная единица массы*
асимметрические 1/388, 389–392, 619; 2/313, 366, 367, 599, 863, 899, 905, 906; 3/27, 265, 569, 570, 602, 773, 930; 4/390, 848
в кристаллах 2/1068–1070. См. также *Кристаллическая структура*
валентность, см. *Валентность*
вес 1/407
внутренние круговые токи 2/76
водородоподобные 1/787; 4/796; 5/931
горячие 1/1178, 1179; 2/217, 385, 528, 532; 3/148; 5/1016
диастереотопные 5/538
заряд электростатический 4/848
– эффективный 1/665; 4/848; 5/875, 897, 1012
и мезоны, см. *Мезонная химия*
идентификация 2/345, 346
изоморфизм 2/370, 371
индикаторные, см. *Индуктивный эффект*
ионизация 2/499–503; 4/106, 107. См. также *Ионно-молекулярные реакции*
как звенья цепи, см. *Макромолекулы*
как интермедиаты 2/478
как фермионы 4/826
квантовые состояния 1/403–406; 2/328–330, 725–730. См. также *Возбужденные состояния, Вырожденные энергетических уровней*

- магнетизм 2/1237–1245
масса, см. *Атомная масса*
метки, см. *Метки*
модель Бора 3/959, 960
– Резерфорда 3/955
«новые» 1/787; 3/31, 32
номер, см. *Атомный номер*
иуклиды 3/604, 605, 606; 1/403. См. также *Изотопы*
орбитали, см. *Атомные орбитали*
плотная упаковка 2/1063, 1069; 3/1144, 1145
полярность 1/407; 2/206, 207; 4/124–126
потенциалы ионизации 4/151–153.
См. также *Атом-атомные потенциалы*
примесные, см. *Дефекты в кристаллах*, *Полупроводники*
принцип запрета, см. *Паули принцип*
радиусы, см. *Атомные радиусы*
рассеянные в биосфере 1/554
рефракции 4/515; 5/545
свободные, время жизни 4/164, 165
«сложные», см. *Молекулы*
спектры, см. *Атомные спектры*
сродство к электрону 4/814
строение и свойства веществ 1/402, 403, 406, 407; 3/413, 960–962. См. также *Дифракционные методы*
узловые 2/1035, 1036
факторы, см. *Атомные факторы*
число(а) квантовые, см. *Квантовые числа*
– координационное 1/665
– массовое 1/403
электроотрицательность 4/153; 5/896, 897
энергия промоторирования 1/666
ядро, см. *Ядра атомные*
Атом-атомные потенциалы, метод 3/20, 219, 220, 390, 391; 4/120, 412
Атомизм 1/190
Атомная единица массы 1/407, 408; 3/215, 401, 605; 4/243
Атомная масса 1/407, 408; 3/31, 413, 605; 5/106, 508, 935
Атомная энергия, см. *Ядерная энергия*
Атомные методы анализа
абсорбционный 1/408, 409, 410; 2/291, 562, 712, 916, 1010, 1235; 3/8, 475, 797, 798, 1134; 4/395, 436, 550, 557, 640, 775, 779, 945, 1209; 5/554, 610, 750, 762
пламенная фотометрия 5/335
спектрометрия 1/408–411; 5/656
спектроскопия 3/161, 797, 798; 4/557
флуоресцентный 1/410, 411; 2/292; 4/775, 776, 1209
эмиссионный 2/291, 712, 916, 1010, 1235; 3/161, 1133, 1134; 4/550, 775–782, 944; 5/77, 128, 335
Атомные орбитали 1/405; 2/1064; 3/778–782
валентных электронов 3/73
вариационный метод 1/681, 682
гибридизация 1/1065, 666, 1066, 1067; 2/724, 832, 1064; 3/235, 783, 787; 4/102, 106, 418; 5/461, 875
и молекулярные орбитали 3/234, 235
интегральные выражения, см. *Молекулярные интегралы*
как базисные волновые функции 3/234, 235
ЛКАО-приближение 2/1210, 794, 1211; 3/235, 468, 780, 781, 783, 787; 4/119, 120
модели 3/227
перекрывание и перциклические реакции 3/964
связевые 2/1211
Атомные радиусы 1/411, 403; 2/1063, 1064; 3/208, 227, 228, 413, 1145; 4/374, 375, 432
Атомные реакторы 1/778, 785, 786
Атомные спектры 1/412, 405, 408, 409, 413, 414; 2/1121; 4/587, 776, 789; 5/640
Атомные факторы
рассеяния излучений 2/188, 189
температурный 2/189, 190
«Атомные часы» 5/656
Атомный вес 1/407; 5/508
Атомный номер 1/403; 2/220; 3/82, 83, 413, 735; 4/152, 243; 5/735
Атофан 1/195
Атразин 1/193, 1033; 4/196, 1250; 5/979
Аттраксия 5/1038
Атронид 2/812
Атронидин 3/2/812
Атронин 1/414, 143, 144, 328, 415; 2/104; 3/1080; 4/972; 5/17, 18, 242, 1038, 1056
Атропиоизомерия 2/907
Аттапульгит 3/992
Аттестация стандартных образцов 1/918, 1182
Аттракты 1/415, 416; 2/378; 3/994; 4/539
Аттриоты 2/982; 4/139
АТФ, см. *Аденозинтрифосфат*
АТФ-синтаза 1/41, 43; 3/668–670
Ауарин 1/368
Ауверса–Скиты правило 1/416
Аугментин 2/1136
Ауксин(ы) 1/15, 416, 1028; 3/619, 620, 626; 4/428, 429; 5/195
Ауксохромы 5/651
Аулин 2/213
«Аур» 3/575
Аурамин 1/366; 2/606, 979; 3/181; 5/649
Ауранофин 4/220
Аурантин 1/135
Аурат-анионы 2/335
Аураты 2/335
Ауреомия 4/1109, 1110
Ауропигмент 1/1175; 3/304, 312–314
Аурификация 1/189
Аурос 2/973; 5/201, 202
Ауросмид 3/1132
Ауросмирид 2/535
Ауротитовая кислота 4/220
Аустентин 2/255, 256, 259–262, 265, 271, 321, 946, 1154
Аутогезия 1/35; 4/136
Аутоглизинг 4/811
Аутумалин 5/119
Афласы 5/397
Афлатоксины 2/605, 606; 3/152–154
Афлон 5/389
Афос 5/421
Афродизиаки 5/161
Афромонтоид 4/577, 578
Афринаж 3/413, 872, 1133; 4/533, 534, 565, 640; 5/77
Афринанты 2/295
Афринная хроматография 1/416, 32, 42, 417, 418, 475; 2/295, 463, 1163, 1164; 3/599; 4/1011; 5/160, 621
Ахиральность 2/1172; 3/772; 4/1211–1213; 5/588
Ацидиантрон 4/72, 75, 76
Ацеклидин 2/371; 5/537, 593
Асел 1/425–427
Аселаи 4/49, 50
Ацетидофен 4/225
Ацетифен 1/418, 419, 420; 2/591, 593, 846; 3/371, 374, 376, 377, 463
1,2-Ацетифенидиол 1/419. См. также *Ацетифенидиол*
Ацетифенидиол 1/419
Ацетифенидиолсульфокислоты 1/420
Ацетифенидиол 1/419, 418; 2/1094; 4/536
Ацетифенидиол 1/419, 372, 418, 420
Ацетифенидиолы 1/419
Ацетифенидиолы 1/419
Ацесаль 1/434
Ацесаль 2/1078
Ацесульфам К 3/1090
Ацетали
амидов карбоновых кислот 1/420, 421, 422, 442; 3/721
и кетали 1/422, 197, 423, 424, 487, 488, 648, 710, 717, 825, 981, 997, 1077, 1078, 1096, 1113, 1134; 2/27, 32, 82, 134, 140, 211, 251, 325, 326, 697, 746, 913, 1298; 3/268, 269, 285, 816, 817, 916, 1021, 1049, 1050, 1222, 1223, 1243; 4/34, 62, 93, 201, 738, 800, 802, 1148; 5/197, 222, 556, 991, 995, 1010
Ацетилирование 3/1230, 1232
Ацетилгидрид 1/423. См. также *Уксусный альдегид*
получение 1/199, 210, 424, 952, 971, 1077; 2/134, 665, 1107; 3/54, 79, 84, 101, 120, 253, 346, 450, 660, 732, 739, 741; 4/738, 803, 804; 5/973, 984, 988, 990, 995–997
свойства 1/119, 138, 193, 194, 196, 198, 317, 429, 505, 608, 644, 649, 650, 713, 717, 718, 721, 724, 1063, 1142, 1163; 2/28, 640, 813, 858, 908, 936, 1080; 3/118, 122, 252, 617–620, 689, 736, 785, 875, 916, 1019, 1021, 1032, 1227; 4/203, 549, 804, 918, 924, 992, 999, 1111, 1223, 1247, 1248, 1260; 5/56, 57, 134, 557, 773, 979, 982, 1058
Ацетальгидридамирипрофосфат 3/617, 618
Ацетальгидридамириак 1/193, 194
Ацетальгидридный эквивалент, см. *Липовая кислота*
Ацетальгидридиксим 3/701
Ацетальдимины 1/200
Ацетальдоль 1/424, 644, 649
Ацетальная смола 4/63, 64
Ацетамид 1/424, 229, 231, 425, 435, 438, 783; 2/552; 3/280, 511, 530; 4/718, 899, 1037, 1126, 1155
Ацетамиды 3/1029
2-Ацетамидо(ацетиламино)-2-дезоксид-галактопираноза 1/263
л-Ацетиламинобензальдегид, тиосемикарбазон 4/623, 1149
5-Ацетиламино-3-*N*-(2-гидроксиэтил)-карбамоил-2,4,6-триидбензойная кислота 4/478
2-Ацетиламино-2-дезоксигексозы 1/264
2-Ацетиламино-2-дезоксид-β-D-глюкопираноза-β-D-глюкопирануриогликан 4/35
2-Ацетиламино-2-дезоксид-3-*O*-(*D*-1'-карбокситил)-D-глюкопираноза 1/264
Ацетиламиноацетиловый эфир 1/1124; 4/642; 5/1
2-[3-Ацетиламино-5-(*N*-метилацетиламино)-2,4,6-триидбензамидо]-2-дезоксид-D-глюкоза 4/478
3-Ацетиламино-5-ацетиламино-2,4,6-триидбензойная кислота 4/478
5-Ацетиламино-3-(*N*-метилацетиламино)-2,4,6-триидбензойная кислота 4/478
5-Ацетиламино-3-(*N*-метилкарбамоил)-2,4,6-триидбензойная кислота 4/477, 478
[2-(3-Ацетиламино-2,4,6-триидфенокси)-этоксиметил]масляная кислота 4/478, 479
3-Ацетиламино-4-гидроксифениларсоновая кислота 3/310
Ацетиламиноацетиловый эфир 1/394
4-(Ацетиламино)фениларсоновая кислота 3/309
Ацетанидрил 3/33; 4/1225; 5/1000
См. также *Уксусный ангидрид*
Ацетанилид 1/425, 305; 5/126
Ацетат, метаболизм 3/613, 614, 615, 625; 4/1260
Ацетатные материалы
волокна 1/425, 426, 427, 802–803, 3/192, 1236; 5/157, 234, 665, 992
– крашение 2/149–152, 992, 3/131
– набивка 3/997, 998
– отбеливание 3/836
– формование 2/993
пленки 3/1135, 1137, 1139
Ацетаты 1/427; 2/129; 3/506; 5/56, 57, 130, 131
амиловые 2/800; 3/567, 917; 4/495
аммония 1/425
бутиловые 1/642, 427, 643, 650, 936, 1202; 3/1059; 4/286
виниловый, см. *Винилацетат*
диаминов 2/83
диносеб и динотерб 1/1027
и реактив Фишера 5/196
изоамиловый 2/359, 237; 1/234, 4/396
как красители 3/833
как растворители 4/359
материалы, см. *Ацетатные материалы*
металлов 3/1258
– меди 2/1329
метилловый, см. *Метилацетат*
олигосахаридов 3/749
целлюлозы, см. *Целлюлозы ацетаты*
этиловый, см. *Этилацетат*
Ацетил 3/569
пероксид 1/427, 428; 3/975
3-Ацетил-7-азанидол 1/64
Ацетиламиногруппа 3/569
N-Ацетил-2-аминодифениламин 1/247
N-Ацетиламиноафтол 1/257
N-Ацетиламиносахара 1/1140
2-Ацетиламинофлуорен 2/605
2-Ацетиламино-1-хлорантрахинон 1/245
N-Ацетиламин 1/1164
л-Ацетиламин 3/134
N-Ацетиламин 1/425
Ацетилацетион 1/428, 264, 362, 392, 484, 485, 596; 2/369, 745, 785; 3/556, 688, 797; 4/203, 500, 565, 991; 5/610
Ацетилацетион 1/428; 2/110, 924; 3/71, 92, 475, 807; 4/669; 5/340, 440, 441, 966, 967
Ацетилацетионин 2/110
N-Ацетилацетиламин 1/494
Ацетилацетиламин 1/505
Ацетилацетиламинпероксид 5/459
8-Ацетил-1,2-бензопирен 1/519
Ацетилацетиламин 1/425, 942
4-Ацетил-6-трет-бутил-1,1-диметил-индан 3/292, 293
N-Ацетилацетиламин 1/1138, 1163, 1228; 3/286; 4/190, 215, 1169; 5/218, 605
6-Ацетил-1,1,2,3,3,5-гексаметиламин 3/292, 293
Ацетилгидриды 2/117
Ацетилгидриды ацетиламина 2/741
Ацетилгидриды ацетиламина 5/450, 451
1-Ацетилгидриды 2-оксо-4-алкоксипримидины 5/450
N-Ацетилгидриды ацетиламина 3/810
N-Ацетилгидриды ацетиламина 1/1137–1139; 2/1163, 1177, 1178, 1211, 1228; 3/197, 286, 748, 927, 928; 4/190, 215, 1169; 5/213, 546, 547, 605
N-Ацетил-D-глюкозаминтрансфераза 3/198

- N-Ацетил-D-глюкозаминфосфаты 3/615, 616
 N-Ацетил-1,4-диалкиламиноаитрахиноны 2/78
 Ацетилбензоилметан 1/505
 N-Ацетилбромколхинол 2/862
 Ацетилгидролипоевая кислота 2/1193
 N-Ацетилдифениламин 2/181
 Ацетилеи 1/428
 определение 1/916; 3/9, 795
 получение 1/430, 431, 930; 2/85, 348, 585, 625, 1005, 1234, 1272; 3/2, 101, 119, 449, 450, 465, 786, 833, 1065, 1066, 1100; 4/697, 1060; 5/264, 973
 производные, см. *Ацетилениды, Ацетиленовые соединения*, индивидуальные представители
 свойства 1/4, 6–8, 103, 116, 143, 170, 198, 210, 408, 424, 429, 430, 432, 520, 640, 644, 651, 711–714, 721, 723, 834, 990, 1066, 1108, 1116, 1134, 1161, 1163, 1164, 1203; 2/11, 15, 85, 93, 94, 100, 116, 120, 140, 174, 176, 440, 532, 533, 550, 616, 618, 638, 651, 768, 777, 889, 921, 983, 1107, 1108, 1215, 1327, 1328; 3/79, 91, 105, 110, 122, 281, 289, 407, 432, 516, 579, 666, 672, 680, 1001, 1032, 1045, 1079, 1216, 1243, 1250; 4/195, 205, 206, 500, 501, 534, 549, 556, 641, 738, 923, 1025, 1026, 1111, 1106, 1111, 1115, 1134, 1158; 5/15, 16, 56, 96, 122, 213, 222, 570, 713, 725, 729, 733, 747, 973, 977, 983, 995, 999
 Ацетилениды 2/85, 246, 313, 430, 433, 466, 575, 791, 1253; 3/1131; 5/96, 999
 Ацетилирование 5/999, 1000
 Ацетиленовая горелка 1/408
 Ацетиленовые соединения 1/375, 433, 434, 596, 601, 602, 708, 942, 1040, 1077, 1082; 2/10, 113, 246, 626, 640, 746, 831, 858, 1107, 1108, 1279; 3/9, 78, 82, 84, 104, 251, 406, 407, 531, 554, 791, 831, 875, 876; 4/343, 499, 909, 914, 916, 937, 1025, 1026, 1134, 1137, 1253. См. также *Алкины*
 алкилированные 1/430; 2/887, 888
 аллилен, см. *Метилацетилен*
 1-бутен-3-ин, см. *Винилацетилен*
 1,3-бутадиин, см. *Диациетилены*
 бутины 1/430, 431; 3/1225
 дикарбоновая кислота 1/432, 29, 602, 651; 2/28, 65, 107, 108; 4/205, 206; 5/706
 ениновые 2/245, 246
 комплексы переходных металлов 1/432, 430, 433, 434; 2/338, 1054, 1147, 1203; 3/82, 251, 826, 876, 1131; 4/641; 5/634
 полимер, см. *Полиацетилен*
 спирты 2/116, 246, 1110; 3/33, 1165, 1166; 4/195, 436, 561, 562, 804; 5/96, 999, 1000
 углеводороды 1/70, 430, 431; 2/121; 3/108, 324, 665, 739; 5/10, 96, 97, 117, 241, 365, 443, 693, 721, 779, 903, 1000. См. также *Ацетилен*
 Ацетилено-кислородная сварка 1/429, 430
 N-Ацетилимидазолы 2/411
 Ацетилимиды 1/942
 N-Ацетилподколхинол 2/862
 N-Ацетил-5-иод-2-пирридон 3/710
 Ацетилирование 1/442, 1096, 1125; 2/115, 456, 741, 1202; 3/118, 201, 268, 561, 797; 4/99, 100, 1124, 1125, 1156, 1170; 5/57, 665, 666, 721
 N-Ацетилпропалактам 3/1251
 Ацетил-КоА-карбоксилаза 1/556
 N-Ацетилколхинол 2/862
 Ацетилкофермент А 1/194, 434, 555, 556, 610, 611, 1142, 1143, 1156; 2/633, 969, 1159, 1193; 3/199, 470, 617, 618, 621, 623, 625, 668, 876, 1083; 4/865, 1091, 1119, 1259–1262; 5/243, 410
 Ацетилкозизим А, см. *Ацетилкофермент А*
 N-Ацетиллактозамин 1/1138, 1139
 Ацетиллимоиная кислота, эфиры 2/1180
 N-Ацетил-D-маинозамин 2/1211; 3/615, 616
 N-Ацетилмезидин 3/25
 Ацетилметилкарбинол 1/444
 Ацетилмочевина 3/280, 1125; 5/84
 N-Ацетилмурамил-L-аланил-D-изоглютамин 2/427
 N-Ацетилмураминовая кислота 2/1177, 1178
 N-Ацетилмурамовая кислота 1/264; 3/98
 Ацетилнафталины 3/117, 118, 372, 373
 N-Ацетилнейраминовая кислота 1/979, 980, 1138, 1139; 2/1163; 3/748
 Ацетилнитрат 3/528, 1078; 5/141
 N-Ацетилновокаиамид 3/567
 Ацетилосисиланы 2/1022
 2-Ацетилпентаиновая кислота, этиловый эфир 3/582
 Ацетилпероксиды 2/810
 Ацетилпероксианитрат 3/979
 N-Ацетилпиперидин 3/1029
 3-Ацетилпиридин 1/721
 2-Ацетилпиррол 3/1078
 β-Ацетилпропионовая кислота 1/195, 196; 2/1153
 Ацетилпурины 4/273
 Ацетилсалициловая кислота 1/434, 297; 3/711; 4/219, 568, 569, 1194; 5/57
 Ацетилсахара 2/1190
 Ацетил-СоА-синтетаза 1/434
 Ацетилсульфат 4/904
 Ацетилсульфид 4/1155
 О-Ацетилсульфохлориды 3/386
 7-Ацетил-1,1,4,4-тетраметил-6-этил-1,2,3,4-тетрагидронафталин 3/292, 293
 S-Ацетилтиохохлибромид 4/1163
 Ацетилтрансфераза 5/243
 Ацетилфлуорантены 5/212
 Ацетилфосфат 5/243
 Ацетилфосфорная кислота 4/1242
 Ацетилфталилцеллюлоза 5/667
 Ацетилфторид 1/942; 2/105; 5/903
 Ацетилхлорид 1/434, 195, 252, 425, 428, 435, 441, 600, 942; 2/105, 115, 544, 888, 1272; 3/25, 33, 125, 351; 4/568, 1127, 1155, 1156; 5/6, 12, 57, 223, 666
 Ацетилхлорид 1/435, 280, 328, 345, 346, 434, 752; 2/141, 475, 1105, 1106, 1199; 3/626, 765, 845, 878; 4/516, 1119, 1164, 1259; 5/590–593, 1038, 1039, 1042, 1044, 1049, 1055
 Ацетилхолин-ацетилгидролаза 1/435, 436
 Ацетилхолинхлорид 1/435
 Ацетилхолинэстераза 1/435, 147, 436, 1097; 2/474, 475; 3/405, 846; 4/1164; 5/181, 296, 593, 1035
 Ацетилцеллюлоза 1/642; 3/159, 1236; 5/57, 665, 666, 1007. См. также *Целлюлозы ацетаты*
 волокон 3/997, 998
 Ацетилциклоексилсульфонипероксид 2/464; 3/978
 Ацетилциклододецен 4/562
 Ацетилцистеин 3/847, 848
 Ацетилшавелевая кислота 2/968
 Ацетиловая группа 2/325, 326; 5/243.
 См. также *Ацильные группы*
 N-Ацетилэтиленимин 5/989
 Ацетоацетат, метаболизм 3/613, 617, 618; 4/1260
 Ацетоацетаты 2/1109, 1110
 Ацетоацетилкофермент А 4/1091, 1260, 1261
 Ацетобромсахара 1/1131
 Ацетобутираты, см. *Целлюлоза*
 Ацетогидроксомуравья кислота 1/1091
 Ацетогруппа 2/282
 2-Ацето-2-гидроксипропанат 3/617, 618
 Ацетогуанимин 1/1209
 Ацетогуанимино-формальдегидная смола 1/1209
 Ацетон 1/444, 445; 3/687, 688
 β-Ацетонгидроксиацетон 4/177
 4-Ацетокси-3-гексилтетрагидропирин 2/251
 Ацетоксигруппа 3/569
 2-Ацетокси-3,4-дигидропирин 3/1038
 Ацетоксифирование 3/876; 4/1124, 1125; 5/942, 985
 Ацетоксим 3/701
 10-Ацетоксиметил-1,8-л-ментандиен 1/534
 2,3-бис-(Ацетоксиметил)хиноксалин-N,N'-диоксид 2/137
 3-Ацетокси-2-нафталинкарбальдегид 3/703
 α-Ацетоксинитрозосоединения 3/541
 α-Ацетоксинпропионат 3/105
 Ацетоксисиланы 1/172; 2/1022
 α-Ацетоксид-β,β-трихлорэтилфосфорная кислота 4/230
 11-Ацетоксидекадиеновая кислота 3/291
 3,3-бис-(4-Ацетоксифенил)-2-индолинон 2/347
 (2-Ацетоксизетил)триметиламоний-гидроксид 1/435
 Ацетол 3/687, 688; 4/195, 199
 Ацетолатат, метаболизм 3/613, 617, 618
 Ацетонитрил 1/442; 3/580; 4/37; 5/663
 Ацетомолочная кислота 3/613
 Ацетон 1/436, 140
 определение 1/437; 4/399; 5/782
 получение 1/195, 375, 436, 437, 930, 1077, 1134; 2/95, 380, 381, 989, 1101, 1102; 3/26, 54, 108, 123, 732, 738, 739, 978, 1055; 4/194, 199, 202, 271, 448, 804; 5/133, 996
 свойства 1/6–8, 52, 69, 117, 155, 363, 428, 429, 436–440, 489, 610, 649, 650, 711, 831, 838, 874, 928, 1075, 1148, 1175; 2/85, 116, 199, 248, 449, 517, 518, 549, 550, 741, 743–746, 803, 805, 897, 898, 933, 1088, 1327; 3/27, 110, 114, 115, 118, 192, 323, 471, 567, 580, 661, 708, 729, 1059, 1079, 1236, 1253, 1264; 4/51, 134, 196, 223, 286, 366, 388, 421, 445, 527, 671, 713, 750, 912, 947, 992, 1039, 1079, 1148, 1213, 1256; 5/8, 56, 57, 122, 132, 195, 234, 235, 332, 430, 574, 580, 820, 834, 860, 961, 1001, 1057
 Ацетонанил Р 1/334
 Ацетонидкарбоновая кислота 1/415; 4/529, 530
 Ацетонидэтилацеталь 1/422
 Ацетонитрил 1/437, 115, 194, 425, 438, 710, 874; 2/103, 375, 518, 641, 732, 1276; 3/32, 33, 511, 512, 672, 673, 729, 739, 945, 1040; 4/169, 205, 872, 1117, 1126, 1220; 5/338, 736, 860, 901, 903, 907
 Ацетоно-бутиловое брожение 1/610, 649
 Ацетоновая кислота 3/700
 Ацетоновое брожение 1/437
 Ацетонорастворимые красители 1/438, 82; 2/993, 997, 1000
 Ацетонциангидрин 1/438, 80, 436, 439, 648, 1116; 3/69, 70, 115, 116, 502, 506, 708
 γ-Ацетопропилацетат 1/199
 Ацетопропионаты 5/667
 Ацетоуксусная кислота 1/195; 2/25, 109, 1159; 3/613, 1059; 4/378, 5/1059
 альдегид 2/742
 анилин 1/90; 3/1015; 4/254
 ариламины 1/78; 3/1014, 1015
 этиловый эфир, см. *Ацетоуксусный эфир*
 Ацетоуксусный эфир 1/439, 78, 195, 264, 421, 439, 440, 507, 981, 1074, 2/106, 647, 777, 784, 785, 858, 1081, 1215; 3/109, 556; 4/500, 993; 5/267, 641
 Ацетофен 1/434
 Ацетофенетидин 2/1104
 Ацетохлорин 3/1236
 Ацефат 2/472
 Ацефин 1/441; 3/578
 Ацефенон 1/441, 375, 421, 505, 506, 573, 971, 1077; 2/87, 398, 744, 1102, 3/108, 1233, 891; 4/92, 419, 513, 1130, 5/122, 130, 133, 561, 980
 Ацидметрия 2/81; 3/987; 4/900
 Ацидогруппа 1/441, 442
 Ацидокомплексы 1/441, 442; 2/1083, 1172; 3/98; 5/702, 703, 966
 Ацидоз 1/442; 2/304, 305; 3/933, 1256; 4/1163; 5/1010
 Ацидопентамины 2/821
 Ациклические соединения, см. *Алифатические соединения*
 Ацикловир 4/218
 Ациклоганоиды 4/218
 Ациклогуанозинтрифосфат 4/218
 Ацил(ный) 1/442. См. также *Ацильные группы*
 ионы, см. *Ацилий-ионы*
 Ацилагматин-амидогидролазы 1/571
 Ациладеозинмонофосфат 2/1170
 Ацилаза 4/391
 Ацилазиды 1/72–74; 2/1106
 Ацилазирины 2/360
 Ацилилы 1/717
 Ацил-О-алкилгликозиды 2/731, 732
 N-Ацил-N-алкиларуиныаты 4/990
 О-Ациламиндоксины 3/674
 Ациламины 3/1208
 Ациламиноакриловые кислоты 1/392
 о-Ациламиноацетофеноны 1/1108, 1109
 о-(Ациламино)ацилбензолы 1/1108, 1109
 о-Ациламинобензальдегиды 1/1108
 о-Ациламинобензофеноны 1/1109
 Ациламинокарбинольные соединения 1/442, 443; 2/11, 22, 1109; 3/678; 4/1118. См. также *Ациламиноокислоты, Ацилирование, Карбоцильные соединения*
 Ациламиноокислоты 1/1179; 2/22, 695; 3/679, 932, 933; 4/391; 5/780
 Ациламиноалкогольный эфир 2/1159
 N-Ациламиноацетофеноны 1/257
 о-Ациламинофенилбензилкетоны 2/1109
 N-Ациламиноэтилэтаноламины 1/269
 О-Ациламиноэфиры 5/775
 N-Ацилантраилнитрилы 4/288
 N-Ацил-N'-ацилгидразины 5/197
 Ацилблаты 1/582
 Ацил(трет-бутил)нитроксилы 3/544
 Ацилгидроксиацетон 1/198, 361, 942, 943; 2/67, 747; 4/1140
 Ацил-1-галогенмоносахариды 2/21
 N-Ацилгидразины 3/674, 675
 Ацилгидразины 1/1075
 3-Ацил-5-гидроксиндиолы 3/408

- N-Ацилгидроксилламин 1/1091, 1092
N-Ацил-β-гидрокси-β-фенилэтиламин 1/568
Ацилгидропероксиды 3/975
Ацилгипоонит 1/841
Ацилглюкозилгалогениды 1/1128, 1129; 2/731, 732
Ацилглюкозилрование 2/731–733
Ацилглюкозалидоны 1/1179
Ацилглицерин 1/1144, 1145
α-1-Ацил-3-глицерофосфохолин 2/1189
Ацилдезоксифуранозилгалогениды 5/451
1-Ацилдиазидины 2/68
Ацилдиэтиламины 2/629, 645
Ацилдиэтилоны 4/929
Ацилдиэтилоцианы 4/1147, 1166, 1168
Ацилдиэтилоцианы 2/401, 402, 404, 405; 5/36
Ацилий-ионы 2/372, 629; 3/408; 4/1135
N-Ацилиминий-ионы 3/1022
2-Ацил-1,3-индандионы 2/439
N-Ацилиндол 2/457
Ацилирование 1/442, 443, 1074, 1075, 1091, 1095, 1096, 1129; 2/90, 97, 117, 245, 277, 359, 411, 416, 417, 419, 622, 636, 986, 1036, 1137, 1249; 3/91, 319, 554, 831, 980, 1015, 1024, 1029; 4/66, 924, 1026, 1135, 1136, 1156, 1198, 1203; 5/10, 131, 534, 629, 635, 636. См. также *Ацильные группы*
ангидридное, см. *Фриделя – Крафта реакция*
ацетильное, см. *Ацетилирование*
бензильное, см. *Бензоилирование*
внутримолекулярное 5/537
восстановительное 3/407, 408
гликозидное 2/731–733, 747
заместительное 1/1074; 2/90, 313, 314, 409, 745, 889; 3/28; 4/66, 1026; 5/428, 905, 907
и конденсация 2/889
и функциональный анализ 3/796, 797
и этерификация 5/1011
катализаторское 2/732, 887, 888; 3/252; 5/449
по Гаттерману – Коху 5/369
по Клайзену 2/784, 785
по Кондакову 2/887, 888
по Курциусу 2/1106
по Сторку 3/1080; 4/872, 873
по Фриделю – Крафту 5/367–369, 372, 905, 907
по Фрису 5/369, 372
по Хёшу 5/449, 142, 450
по Хундликкеру 5/641
по Шоттену – Бауману 5/786, 129
присоединительное 2/887, 888
твердофазное 4/1002
ферментативное 2/1169, 1190, 1191; 3/598
формильное, см. *Формилирование*
циклизация 5/713
Ацилкарбонилпирролы 2/814
Ацилкоферменты 2/1190, 1191; 3/617, 618, 878, 880; 4/1241; 5/244, 246, 692. См. также *Ацетилкофермент А*
Ацилмалоновые эфиры 2/1275
N-Ацил-N-метиламиноэтансульфонаты 4/929
1-Ацил-3-метилимидазол 3/831
Ацилнейраминазил-гидролаза 3/397
N-Ацилнейраминазная кислота 3/397
Ацилнитрамиды 1/1075
Ацилнитраты 3/506, 507, 558
Ацилнитрен 2/1106
Ацилнитриты 3/534, 535
Ацил-N-нитрозамины 2/74
Ацилоновая конденсация 1/443, 444, 445; 2/889; 3/688; 4/610; 5/744, 1011
Ацилоны 1/444, 445, 508, 509; 2/105; 3/688; 5/1011
синтез, см. *Ацилоновый конденсация*, *Бензоиновая конденсация*
циклические 2/108, 111
Ацилоксинаметины 2/288
Ацилоксисораны 1/582
Ацилоксигидропероксиды 3/659
1-Ацилоксикарбоксамиды 3/887
Ацилоксильные радикалы 4/313
Ацилоксисиланы 3/800, 807
α-Ацилоксисульфиды 4/272
2-Ацилокси-3-хлоркарбоксамиды 3/887
Ацилотропия 4/991
Ацилпероксиды 2/811; 3/982, 1233
Ацилперхлораты 3/987, 989
4-Ацилпирозолы 3/1036
N-Ацилпиридиния соли 2/645; 3/1046, 1047
Ацилпирин 1/434
Ацилрезорцины 4/448
Ацилрибофурозилгалогениды 5/451
N-Ацилсаркозиаты 4/580
O-Ацилсерин 4/642
Ацилсульфаты 4/906, 917
Ацилсульфенилхлориды 3/733
Ацилтетракарбонилы 2/830
N-Ацилтиопиридины 2/645
Ацилтиохолыны 4/1167
Ацилтиоэфиры 4/925
Ацилтрансферазы 4/1241; 5/244, 692
N-Ацил-β-фенилэтиламин 1/567
Ацилфенолы 5/372
Ацилфосфины 5/265
Ацилфураны 3/710
Ацилхинолины соли 5/526
Ацилхлориды 3/9, 347, 1024
Ацилхлориды 3/891; 4/1250
1-Ацил-2-циано-1,2-дигидрохинолины 4/341, 342; 5/526
Ацилхлориды 2/743
Ацилциклопентены 2/743
Ацильное число 1/445
Ацильные группы 1/442, 445; 2/325, 326. См. также *Ацилирование*
Ацильные радикалы 4/313
Ацилнитроосоединения 3/551
Ацилфлуорен 1/1027
Ачесона графит 1/1190
метод 2/1029
Ашариты 1/581, 587; 2/733, 1251; 3/352
Аш-кислота 1/255, 257
Аэрация вод(ы) 1/773; 3/861, 1169
и коррозионные испытания 2/951, 952
и осаждение металлов 4/1020
и пневмотранспорт 3/1156, 1158
и статический газовый анализ 1/914
флотопульп 5/209, 210
Аэробные процессы брожения 1/608, 611
«гидрогенезы» 2/241
дыхание 2/240–242; 3/668–671
культивирование 1/1101
обмен веществ 1/608, 611; 3/611, 625
окисление 1/1135, 1136, 1154. См. также *Окислительное фосфорилирование*
очистка стоков 3/861
Аэрогели 1/1001; 4/673
Аэрографическое крашение 2/998
Аэродисперсные системы 2/153, 982; 3/1140
аморфный диоксид кремния, см. *Аэросил*
гели 1/1001; 4/673
золи, см. *Аэрозоли*
Аэрозоли 1/445, 400, 446–448; 2/46, 145, 146, 153, 154, 505, 611, 858, 860, 1131; 3/114, 843–845, 847, 1313; 5/43, 549
анализ 1/894, 895; 3/440; 4/279–281, 286, 322
воспламенение 1/831, 832
дымов, см. *Дымовые составы*, *Дым*
и противогазы 4/220–224
как препараты лекарственные 1/449; 2/1161
– – пестицидные 1/449; 3/993
коагуляция 5/62
лечебные 4/227
очистка 1/898–900
пылей, см. *Пылеулавливание*, *Пыли*
распыливание 2/1131
туманов, см. *Туманоулавливание*, *Туманы*
упаковки 1/19, 449, 657; 2/19; 4/195, 196, 286
Аэросил 1/62, 789; 5/563, 964
Аэротейки 3/861, 1169
Аэрофлокулы 5/206
Аэрутинозис В 4/923
- ## Б
- Баббиты 1/332, 343, 736; 2/1202; 3/754, 758; 4/601, 809; 5/753
Бадделейт 3/650; 5/759, 765
Баддингтонит 3/1192
Балиша кислота 3/382
Базальты 2/776, 961, 963; 4/674
волокна 1/387; 2/327; 3/329, 417; 4/1013
пластики 1/387
текстолиты 4/1013
Базалор 2/619
Базарова реакция 3/280, 281
Базилковое масло 5/1003, 1004
Базисные орбитали 3/783
Базисы маршрутов реакций 4/722, 723
Базовые смазочные масла 2/168, 595; 3/459; 4/727
Базудин 1/961; 2/470
Байера способ переработки бокситов 1/213, 214, 931
Байера-Виллигера реакция 1/450; 2/647, 745, 1144; 3/700; 4/610; 5/8, 1012
Байерит 1/211, 213; 5/615
Байеровское напряжение молекул 3/330, 331, 334
Байпрены 5/571
Байярда-Альперта лампа 1/663
БАК, кислота 1/238
Бакампидин 2/1134, 1135
Бакелит 2/225, 1241; 4/39, 40; 5/134, 144. См. также *Полистирол*
Бакболы 5/413
Бакминстерфуллерены 5/413
Баксовые смеси 3/992
Бактериальное выщелачивание 1/867–869; 3/7
Бактериальные удобрения 1/450, 451, 452; 3/157; 5/54
Бактерии, см. *Микроорганизмы*
Бактериородопсия 1/452, 472, 481, 482, 552, 560; 3/50, 51; 5/348
Бактериостатики 3/487, 526; 5/22
Бактериофитин 5/346
Бактериохлориды 4/146
Бактериохлорифиллы 5/342, 346, 573–575
Бактерициды 1/452, 193, 367, 453, 549, 559; 2/137, 177, 184, 572, 694, 1319; 3/319, 323, 383, 390, 487, 526, 558, 675, 693, 714, 834, 915, 994, 1011, 1012, 1047, 1124, 1165, 1167, 1250; 4/636, 639, 726, 1013, 1152, 1169, 1249, 1250, 1254; 5/130, 142, 278, 418, 523, 587
БАЛ, глицоль 2/175
Баладина теория 1/1059; 2/693
Баланс(ы) гидрофильно-липофильный 2/1182; 3/1162, 1165; 5/949. См. также *Эмульсии*
процессов переноса 4/995, 1065, 1066, 1069
эксергетические 5/807–809
Балата 1/453
Баллас 1/188
Баллиститы 1/453, 706; 2/934; 4/135, 136, 342
Баллоэлектрический эффект 1/448
Балтисс 4/230, 231
Бальзамирование 5/224, 1004
Бальзамы 1/453, 454, 495, 510; 2/284, 802, 936, 937, 1100; 3/432, 1227; 4/738, 868, 1092; 5/126
Бальмера уравнение 1/413
Бальша-Шимана реакция 2/534
Балэ-рубин 5/788
«Банановые» связи 5/738, 739
Банвел Д 1/1028, 1029
Барабанные устройства 2/995
вакуум-фильтры 3/637
грануляторы 1/1187, 1188; 4/937
проходы 1/1206; 3/630
кристаллизаторы 2/1051
мельницы 2/353, 354; 4/139, 180
печи 3/1001, 1002, 1009; 5/749
питатели 3/1083–1085
сепараторы 3/633, 634
смесители 4/736
сушилки 1/1189; 3/637; 4/937, 961
фильтры 5/187–189, 193, 194
Барада кольца 3/338
Бараний жир 2/303, 307, 308; 3/302, 395
Барбамил 1/455; 4/742; 5/973
Барбан 1/1030
Барбитал 4/742
натрий 4/742
Барбитурат, метаболизм 3/613, 619, 620
Барбитураты 1/317, 328, 455, 1097; 2/242, 1275; 3/1051; 4/742, 812; 5/84, 111
Барбитуровая кислота 1/455; 2/205, 629, 1275; 3/280, 613; 4/742; 5/84
Барботирование 1/455, 456, 852, 1105; 2/613, 892, 1258, 1320; 3/55, 336, 900, 921, 944; 4/259, 401, 402, 986–989; 5/448, 718
Барбье-Виланда реакция 1/456, 457
Барбье-Локкена-Виланда реакция 1/456, 457
Бардина-Купера-Шриффера теория 4/584
Барды (бражки) 1/1102, 1187; 2/232, 1164, 1174, 1319; 3/156, 157, 894; 4/920; 5/999
Бариевая селитра 1/461; 4/621. См. также *Барий нитрат*
Барий 1/457; 5/937
азид 1/72
алюминаты 1/206, 458; 2/1226
амид 1/231, 458
аммины 1/458
антимоиды 1/331, 332
аурат 2/335
бериллат 1/459
бораты 1/581; 3/979, 980, 1012
бромид 1/458; 4/835
ванадаты 1/675
вольфраматы 1/823; 2/583
германаты 1/1035, 1041
гидрид 1/458, 1079
гидроксид 1/460, 251, 457–459, 1067, 1093; 2/566, 752, 1206, 1210, 1211; 3/121, 355; 4/171, 446; 5/136, 143, 374

- гидроксоцинкит 5/752
зеркало 1/459
интерметаллиды 1/458
иодид 1/458; 4/835
иодомеркурат 4/545
калийевый крон 2/1079; 3/1012
карбид 2/624; 3/417
карбонат 1/460, 458, 459, 543;
2/341, 388, 637, 639, 733; 3/121,
276, 347, 360, 1001; 4/538, 838,
1079, 1102; 5/452, 669
манганаты 1/458, 463; 2/1277, 1278;
3/972
метеоритный 2/963
молибдат 3/242
никелат 3/481
ниобаты 2/733; 3/489
нитрат 1/461, 459; 2/253, 310;
3/505, 822, 972; 4/668, 838, 1246
нитрит 3/517
облака 3/1076
оксид(ы) 1/461, 457–460, 711, 780,
832, 1093; 2/535, 537, 547, 666,
672, 733, 768, 800, 1226, 1285;
3/26, 89, 91, 409, 434, 698, 775,
906, 971, 972, 974; 4/532, 563–
564, 584–588, 668, 706, 712, 836–
838, 843, 846, 1057; 5/117
определение 1/381, 459, 762; 2/205,
710, 870; 3/124, 690; 5/274, 335
перовскит 3/970
перхлорат 3/987, 988
полонид 4/99
получение 1/458, 459; 2/87, 1295;
3/88–90, 412, 1192; 4/561; 5/923
применение 1/459, 1063; 2/800;
3/161, 1125; 4/1007; 5/920
свойства 1/457–460, 1018; 2/383,
504, 767, 986, 1112, 1181; 3/97,
425, 955, 957, 958; 4/299, 318, 584,
813, 820; 5/796, 797
селеинд 4/619
силикаты 2/587, 1226; 3/360, 1192;
4/674, 679, 680; 5/407, 408
соединения 1/286, 458, 462, 726,
1193; 2/103, 602, 896, 900, 1296;
3/76, 121, 285, 378, 906, 1015,
1059, 1066; 4/171–175, 839, 929,
1151; 5/143
сплавы 1/459, 1063; 3/88, 777
сульфат 1/462, 458, 459, 623; 1093;
2/566, 654, 784, 1048, 1209, 1210,
1227; 3/57, 360, 440, 566, 698, 818,
819, 1011, 1221; 4/479, 538, 630,
633, 648, 745, 838, 952, 1006, 1149,
1189; 5/397. См. также *Барит*
сульфиды 1/458–460; 2/840; 4/910,
911, 1149; 5/446
сульфит 4/921
таллат 4/974
танталат 2/733; 4/984, 1165
титанат 1/462, 458, 460, 461; 2/222,
733, 774, 777, 970, 1057, 1078;
4/284, 333, 436, 491, 608, 1183;
5/761
торат 4/1219
уранаты 5/83
феррат 2/272
ферриты 2/1242; 5/163
фосфаты 2/784, 1227; 3/367; 5/248,
250–253
фторид(ы) 1/462; 2/1227; 3/90, 774,
776, 835
фторометаллаты 1/1041; 3/424;
4/436, 1019
хлорат 4/668; 5/559
хлорид(ы) 1/463, 458, 460, 543;
2/13, 188, 654, 710, 752, 896, 1202,
1209; 3/447, 838, 818; 4/668, 745,
835, 1106; 5/12, 68, 854, 926
хроматы 1/453, 459, 463; 2/1079;
3/972, 1042; 5/630–633
церат 5/695, 696
цианид 1/457
циркониаты 1/458; 2/733; 5/761
Бариионы 4/243, 244; 5/930, 931, 1020
Барит 1/459, 457, 458, 462, 463, 1175;
2/330, 353, 840, 1210, 1296; 3/406,
775, 991, 1193, 1264; 4/51, 92, 559,
561, 630; 5/205, 371. См. также *Барит*
сульфит
Баритобетон 1/460
Баритовая вода 1/460
Баритовый желтый 1/458, 463; 5/632
Бародиодиффузия 2/196, 541, 542; 3/947
Барометрические процессы 2/196,
1300; 3/38–41
Барометрическая формула 1/925;
4/827
Барометрическое давление 2/761
Барометры 2/1280
Барта реакция 1/463, 464; 2/17, 75;
3/310, 316
Бартона
правило 1/464
реакция 1/464, 465; 3/518, 535
Бартона–Прима–Слихтера уравнение
4/761
Барьерит 4/942
Барьер(ы)
потенциальный 1/121–125
структурно-механический ПАВ
2/1183
техногенные геохимические 1/1020
Баскокур 5/144
Бассанит 2/589
Бастнезит 1/875, 1156; 2/156, 243,
544, 1145; 3/409; 4/156, 434, 435,
570, 1229; 5/23, 386, 694, 964
Батареи
аккумуляторные 1/110, 111, 972;
5/489
высокоемкостные 1/1194
кокосовые 2/842, 846, 847
солнечные 4/118, 707; 5/363, 385,
859
циклонов 4/282, 283; 5/728, 729
Батилит 2/1156
Батородопсин 4/537
Батохромный сдвиг 2/99; 4/751, 767;
5/384, 646, 649
Батрафен 4/228, 229
Батрахотоксин 5/1043, 1045, 1046
Баулиша реакция 3/535
Баумлерит 5/552
Баха–Энглера теория 2/756
Бацанова шкала 5/897
Бацилломицин 2/1195, 1196
Бацитрацин 2/361; 3/809, 924–927
Бацитин 1/535; 4/710
Башенная серная кислота 4/644, 647,
648
Башенные аппараты
градирни 1/1183
классификаторы 3/630
Башфорта–Адамса метод 3/1171
9-ББН 1/601
БВК, см. *Белково-витаминные концен-*
траты
Бевантолол 1/48, 49
Бегоновая кислота 1/863, 864; 2/15;
4/903
Бегуны 2/354, 355
Безагран 1/1032
Безафибрат 1/1118
Безбалластные концентраты 2/869,
870
Безводные квасцы 2/730
Безградные реакторы 1/465, 486,
1165; 2/689; 4/717
Бездымные пороха 1/607; 2/601;
3/507; 4/51, 57; 5/665, 667
баллиститы 1/453, 706; 2/212, 214,
934; 4/135, 136, 342
кордиты 2/934
Безизоцианатные полиуретаны 4/51,
57
Безлактозное молоко 2/464
Безобжиговые огнеупоры 3/650
Безотальные производства 1/466
Безотказность объектов 3/320–322
Безотходные производства 1/466;
2/1018, 1039; 3/94, 95, 416, 638, 848,
852; 5/470
Безрегенеративная адсорбция 1/928
Безрычажные весы 1/685, 687, 688
Безызлучательные квантовые переходы
2/726, 728, 729, 1220–1223;
3/654; 4/410; 5/881
Безыносность, эффект 3/85; 4/1256,
1257
Безэлектродные лампы 1/408
Бейера модификация 2/9
Бейльштейна проба 1/468, 469, 949
Бекке полоска 2/421
Бекмана
перегруппировка 1/469, 231, 253,
254; 2/615, 1138, 1213; 3/515,
702; 4/610, 855; 5/725
термометры 3/217
Бекмана–Чепмена перегруппировка
1/469
Белила 2/1296; 3/991, 1011–1013
Белильные 1/1208; 2/1296; 3/1011,
1012; 4/602
титановые 4/1179
цинковые 1/1208; 2/1015, 1296;
3/991, 1011–1013; 4/602; 5/750,
752, 756
Белильная известь 5/568
Белит 2/348, 588; 3/439; 5/670
Белки 1/470, 471, 553; 3/154, 1135.
См. также индивидуальные представ-
лители
агрегация 4/1063
активаторы 4/426, 427; 5/271
аминокислотный состав 1/472, 475–
480. См. также *Аминокислоты*
амфипатические 1/470
апоферменты 2/967
аскорбингены 1/745
видоспецифические, см. *Интерфе-*
роны
водорастворимые 3/49, 51
выделение 1/416–418, 475; 2/295,
519, 1171
гемопротейды, см. *Цитохромы*
гидролизаты 2/1078, 1176; 3/1167
гликопротеиды, см. *Гликопротеины*
глобулярные, см. *Глобулярные белки*
гистологический распад 2/81
гомологичные 1/475
гормоноподобные, см. *Гормоны*, *Ин-*
терлейкины
деградация 1/475, 478, 479, 484
денатурация 1/475, 1218, 1219;
2/559, 819, 857, 868, 914, 1178;
3/163, 600; 4/700; 5/153, 587
дефосфорилирование 1/40
домены 1/474, 475, 482
дыхательные 1/1006–1009. См. так-
же *Гемоглобин*, *Миоглобин*
железосодержащие, см. *Ферредок-*
син
запасные 1/470; 2/559. См. также
Проплаины
защитные 1/470, 471, 552
зрительные 1/751. См. также *Родо-*
псин
и информосомы 3/599
и канцерогены 2/604
и синтез РНК, см. *Транскрипция*
изоляты 2/539
изоэлектрическая точка 2/408
иммуногенность 1/323
интегральные 3/49, 50, 52, 53
используемых остатков 3/871
как биокатализаторы, см. *Фермен-*
ты
как биополимеры 2/427, 1263
как гетероцепные полимеры 1/859
как информационный клапан 3/211
как лиганды 2/1172
как лиотропные каучуки 2/287
как метаболиты 3/619, 620, 622
как ПАВ 3/1167
как полиамиды 3/1205
как полиамфолиты 4/77
катаболизм 1/1097; 4/1119
клатраты 2/798
коагуляция 1/870
комплекс(ы) полимер-полимерные
4/19, 20; 3/1211, 1229
– протромбиновый 4/248, 249, 250
– с липидами, см. *Липопротейны*
контрактные 1/1130
кормовые 1/483. См. также *Белко-*
во-витаминные концентраты,
Микробиологический синтез
липидпереносащие 2/1187, 1188;
1/483, 484
мембранные 1/452, 470, 472, 474,
480–484, 552; 3/48–53. См. также
Биомембраны
металлопротеиды 1/103, 104, 470
модификация 3/197, 198–200;
1/475–482, 1012; 2/857; 4/1231;
5/818
натурального каучука 2/703
негемовые 1/1006
негистоновые 3/587, 599
нерастворимые, см. *Фибрин*
нуклеиновое узнавание, см. *Нуклео-*
протеиды
оболочек вирусов 1/472
онкоактивные 4/517
определение 1/42, 471, 472, 681;
2/292, 293; 3/519; 4/786, 935,
1268; 5/819
переносчики 1/483, 43, 470, 472,
484, 746; 3/712
периферические 3/49–51
пищевые 1/470, 482, 483. См. также
Казеин
поверхностные 3/49–51
полипептиды, см. *Пептиды*
предшественники 1/51; 3/766
простетические группы 5/34
простые 1/470
протеолиз 2/695
разделение 5/66, 813, 817, 865–867
противовирусные 1/470
растительных масел 4/378, 381
регуляторные 4/426, 189, 190, 249,
250, 427, 428, 431, 496, 516, 517;
1/470; 3/212, 587
регенерация 1/1218; 2/857
репрессоры 3/212; 4/426, 427, 431
рецепторные 4/516, 428, 517; 1/470
рецепция 1/483
рибосомные 1/472; 3/588, 599;
4/519–523
светочувствительные, см. *Родопсин*
свойства 1/475
связывающие 1/483, 484, 740; 2/577,
578
седиментация 1/599
сильноосновные, см. *Гистоны*
синтез матричный 1/472; 2/1325,
1326
– с участием биокатализаторов, см.
Биосинтез, *Генная инженерия*,
Трансляция, *Ферменты*
– стимуляторы 1/290; 3/578
– химический 1/482
сложные 1/470
сократительные 1/470, 472; 3/176–
178
спин-меченые 4/790, 791
стабилизаторы 1/475
структура 2/1064; 3/256; 5/159
– вторичная 1/471, 473; 2/877,
1263; 5/545
– конформации молекул 1/472–
482, 1559; 2/367

- модели 3/228
- первичная 1/471–473, 475–478, 482–484; 2/486, 487; 3/133; 4/894; 5/800, 801
- третичная 1/474, 475; 2/877
- четвертичная 1/475; 2/877
- сывороточные 1/470, 550; 2/110, 427
- токсинны 4/1194, 1195
- транслокация 1/483
- транспортные 1/43, 470, 472, 483, 484, 746; 3/712
- факторы σ 4/427
- фибриллярные 1/470; 2/735, 736, 856, 857, 1266; 3/176–178
- фосфорилирование 1/40. См. также *Окислительное фосфорилирование*
- фосфопротенды 1/470
- хиральность 4/392
- хромопротенды 1/470
- экситонное расщепление 5/545
- яичные 1/556, 751
- Белково-витаминные концентраты 1/483; 2/232, 233; 3/157, 212, 281, 862, 864, 884
- Белладонны 5/18
- Белое тело 5/645, 653
- Белометры 2/492
- Белотексы 3/837
- Белоусова–Жабитинского реакция 1/484, 485, 486; 2/850; 3/837, 842; 4/574; 5/60
- Белые продукты (материалы) глины 2/606
- жесть 3/758
- ийидго 2/441, 1156
- краски водоземлюемые 1/789
- масла 1/487; 3/446, 447, 466; 4/650, 726
- пигменты 2/355; 3/1011–1013, 1089; 5/750, 752. См. также *Белила*, *Литопон*
- сажа 1/62, 281; 2/1028; 3/992
- фосфор, см. *Фосфор*
- цианамид 2/591
- чугун 2/256, 257
- Бельтинги 3/1231
- Бемберг 3/3
- Бемегрид 1/291, 292; 5/593
- Бемит 1/207, 211, 213; 5/615
- Бена модификация 5/369
- Бензозин 1/1028
- Бензалаксил 5/420
- Бенара ячеек 4/573, 574
- Бенгальский розовый 5/363
- Бендлера механизм реакций 3/140
- солн 4/1153
- Бенедикта реактив 5/114
- Бенедикта–Вебба–Рубина уравнение 5/70, 71
- Бензальдегид 1/487, 31, 196, 198, 203, 367, 390, 488, 494, 496, 508, 517, 520, 652, 953, 983, 1099; 2/229, 87, 88, 116, 251, 439, 549, 603, 787, 788, 813, 889, 908, 936, 938, 1271; 3/3, 21, 25, 319, 560, 688, 691, 701, 891, 965, 966, 1021, 1043, 1230; 4/539, 569, 769, 867, 1202; 5/20, 121, 123, 128, 222, 519, 558, 561, 584, 724, 1002, 1004
- Бензальдоксимы 1/317; 2/368
- Бензальхлорид 1/488; 4/1202; 5/583
- Бензамид 1/488, 229, 231, 517
- Бензамидин 1/228
- Бензанилиды 1/488, 489; 5/419, 786
- Бенз(а)антрацен 4/419
- 4,4'-бенз(Бенз[д, е]антрацен)-7,7'-днот 2/86
- Бензатрен 1/489
- Бензатро-3,4-дикарбоновая кислота 3/954
- Бензатрон 1/489, 350, 351, 358, 490; 2/86, 1045; 4/72, 74, 75; 5/535
- Бензатрон-3,9-дисульфокислота 1/489
- Бензатроновые красители 1/490
- Бензатроисульфокислоты 1/489
- Бензаури 1/368
- Бензвалей 1/512; 2/366; 5/354
- Бензгидрилобромид 2/112
- Бензгидрол 1/530; 5/412
- β -диметиламиноэтиловый эфир, гидрохлорид 2/112, 113
- Бензидиэпины 1/328, 492
- Бензидиам 1/306
- Бензидин(ы) 1/490, 273, 491, 988, 1039; 2/605, 606; 3/526, 527, 867; 3/1014; 4/397; 5/284, 610, 650
- аурат 2/336
- бис-диазотированный 2/887
- моио- и дигидрохлориды 1/490
- моно- и дисульфаты 1/490
- получение, см. *Бензидиновая перегруппировка*
- Бензиди-3,3'-дикарбоновая кислота 3/526
- Бензидидисульфокислоты 1/490; 3/527, 528
- Бензидиновая перегруппировка 1/490, 1073; 4/664
- Бензидин-3-сульфокислота 1/490
- Бензидинсульфон 5/650
- Бензизоксазол(ы) 1/491, 492
- Бензизотиазол(ы) 1/492, 493
- 3-Бензизотиазолон 1/337
- Бензил 1/493, 203, 508, 510; 2/104
- ацетали 4/92
- моиогидразон 2/751
- Бензил, группа 2/325; 3/569
- Бензиладенин 5/769
- Бензилазид 1/74
- Бензилалкилсульфиды 4/912
- Бензиламины 1/231
- Бензиламины 1/494, 517; 3/254, 1021
- 6-Бензиламинопурины 5/769
- Бензиламинные соли 1/279, 280
- Бензилацетат 1/495, 496; 2/237; 5/1004
- 2-Бензилбензимидазол, гидрохлорид 2/85, 86
- Бензилбензоат 1/487, 495, 496, 510, 511; 2/175; 4/32, 494
- 2-Бензилбензойная кислота 1/358
- Бензилбиндон 2/439
- Бензилбораны 1/596
- Бензилбромид 2/32
- Бензилбутилфталат 2/1319
- Бензилвиниловый эфир 2/786
- Бензилвисмутол 1/739
- Бензилгалогениды 1/990; 2/31, 32; 3/33, 549, 733, 759, 1078, 1263; 4/925; 5/195, 561
- Бензилгликозилгалогениды 1/1128, 1129
- Бензилдиалкилкеталы 1/494
- α -Бензил- α -диметиламиноацетофенон 1/279
- (Е, Е)-Бензидиоксим 3/571
- Н-Бензидиленанилины 5/782
- Бензидиленаетон 2/936
- транс-2-Бензидиленгептаналь 2/251
- 2-Бензидилен-1,3-ндандион 2/439
- Н-Бензидиленметиламин-Н-оксид 3/548
- Бензидиленовая группа 2/325
- 2-Бензидиленоктаналь 2/151
- Бензидиленфталиды 2/439
- Н-Бензидилен-2-хлоранилин 5/558
- Бензидиленхлорид(ы) 1/488; 2/936; 5/6, 561
- Бензидиленитрильные комплексы переходных металлов 2/373, 374
- С-Бензидиленотомочевина, гидрохлорид 1/496
- С-Бензидиленотомочевина, соли 2/648
- Бензидиленоксидиновые алкалоиды 3/275
- Бензидиленоксидиновые 2/398–401; 3/275; 5/970
- Бензидилендиол 2/32
- Бензидиленовые 3/1043
- С-Бензидиленоксидиновые 5/779
- Бензидиленоксидиновые 4/32; 5/116
- Бензил(1-нафтил)метан 5/608
- Бензилнитрат 3/506
- Бензиловая кислота 1/494; 5/536, 591
- Бензиловый перегруппировка 1/494; 2/104, 621
- Бензиловы эфиры 4/424; 5/905
- как защитные группы 3/268
- пропионовой кислоты 4/207, 208
- Бензиловый спирт 1/495, 338, 452, 487, 496, 573, 711, 1025, 1151; 2/116, 237, 937, 1319; 3/791, 834, 1028; 4/801, 802, 804, 1140, 1202, 1247; 5/122, 222, 905
- Бензилокси, группа 3/569
- Бензилоксикарбонил, группа 3/569
- Бензилоксикарбониламино, группа 3/569
- Бензилпенициллины 1/320; 2/1134; 5/127, 697
- 4-Бензилпиридазин 3/1043
- Бензилполисульфиды 4/726
- Бензилпропионат 4/207, 208
- 9-Бензилпурин 4/273
- Бензилсалицилат 1/495, 496
- о-Бензилсульфиновые кислоты 4/729
- Бензилсульфонилхлорид 1/496
- 2-Бензилтетрагидроизохинолины 2/398, 399
- Бензилтиол 1/496
- С-Бензилтиуронийхлорид 1/496
- Бензилтиурония соли 1/496; 3/386
- 1-Бензил-1,2,3-триазол 4/1251, 1252
- Бензилтриметиламинийхлорид 4/341
- Бензилтриэтиламинийхлорид 1/497; 3/24
- Бензилфеиетол 5/121
- Бензилфеилкетон 2/182
- Бензилфенол 1/452
- Бензилформат 3/289, 290
- Бензилхлорид 1/496, 373, 488, 494, 495, 497; 2/32, 116, 184, 439, 599, 615, 693, 946, 948, 1202; 5/121, 566, 567, 583, 708
- 2-Бензил-4-хлорфенол 2/18
- Бензилцеллозоль 5/659, 660
- Бензилцеллюлоза 1/496
- Бензилцианид 1/497, 236, 496, 615; 3/180, 512, 516; 4/32; 5/130
- Бензилцинамат 1/496; 2/936
- Бензилэтиленоксид 3/731
- Бензиловая группа 2/325; 3/569
- Бензиловые комплексы переходных металлов 4/551, 552
- Бензиловые радикалы 4/300
- Бензимидазол(ы) 1/497, 85, 228, 498, 507; 3/131, 289, 836, 1164, 1204; 4/254, 625, 699, 1248; 5/123, 323, 418, 422, 777. См. также *Поли(арил)-бис-бензимидазола*, *Полибензимидазола*
- Бензимидазолилгидразины 5/220
- Бензимидазолилкарбаматы 4/225, 226
- Бензимидазолы 1/498; 2/997
- Бензимидазолсульфокислоты 1/498
- Бензимидазол-2-тион 1/497
- Бензимины 4/495
- Бензины 1/498, 502, 503, 638, 787; 3/447, 448. См. также *Моторные топлива*
- авиационные 1/499, 501; 3/278, 728; 4/526. См. также *Реактивные топлива*
- автомобильные 1/498, 499, 638, 930, 1089; 2/365, 684–686, 1005; 3/278, 441–444, 446; 4/526; 5/660
- антидетонаторы 1/326, 47, 327, 334, 501; 2/227; 3/697; 4/174, 175; 5/994
- высокооктановые 1/205, 728, 928, 1113; 2/210, 365, 380, 674, 675, 1005, 1091; 3/27, 109, 346, 442–444, 1053; 4/467, 926; 5/605, 680, 681. См. также *Алкилат*, *Алкилбензол*, *Риформат*
- газовые 1/913, 927–930, 932, 1177, 1178; 4/100, 101
- «галаша» 1/502, 811, 897; 3/466
- гидрогенизационные 1/1086–1089; 4/703
- гидроочищенные 1/502; 2/1093
- давление паров 1/498; 3/446
- детонационная стойкость 1/499, 500; 2/46; 5/994. См. также *Октановое число*
- и напалм 3/325
- и противогазы 4/223
- калийная стойкость 1/500
- коксования 2/843, 844
- коррозионная активность 1/501, 630
- красители 2/302
- крекинга и риформинга 1/1059, 1060; 2/678–682, 684; 3/449, 450, 466, 726
- легкий, см. *Нафта*
- малосернистые 1/1107, 1108
- нагарообразование 1/501
- нестабильные 1/927, 929
- неэтилированные 3/109
- определение 1/915
- полимерные 1/928, 998; 3/726
- проницаемость 1/500
- прямогонные 1/498, 500, 502, 723; 2/166–169, 676, 678–682, 684; 3/407, 449, 450, 466, 726, 739, 913, 1061–1066; 4/460, 461, 526, 1059; 5/983
- растворители 1/502, 498; 2/309, 376; 3/446, 466; 4/285, 286, 359; 5/820, 992
- снетиетические 2/677; 5/199. См. также *Синтетическое жидкое топливо*
- смеси со спиртами, см. *Спирто-бензиновые смеси*
- смолообразование 1/501
- сортность 1/499; 3/728
- стабильные 1/500, 501, 929, 930; 2/166, 167, 169, 170, 683
- токсичность 1/501
- фракционный состав 3/446; 4/399, 526
- экстракционный 3/466
- Бензо- и маслостойкость 1/502, 630, 716; 2/323, 324, 706, 708, 1129, 1150, 1151; 4/442, 443; 5/572
- Бензонафтен 1/373; 3/894
- Бензо[д, е]антрацен-7-он 1/489
- Бензоаты 1/510, 511, 517; 5/1011
- 8-оксихинолина 3/714
- смоляных спиртов 1/511
- хиральность, правило 5/545
- Бензобамил 4/240
- Бензобегонин 1/503, 280, 979, 1120
- Бензобегонинкислоты 1/1091
- 1,4-Бензодиазепины 1/503, 317, 504; 2/64; 4/269, 742, 743, 1224–1226
- 1,3-Бензодиазоксид 1/504, 505
- 2,3-Бензодифениленоксид 2/591
- Бензозоли 2/331
- Бензодонные соединения 1/372, 1062
- Бензоил как заместитель 3/569
- перекись, см. *Бензоилперекись*
- Бензоилазид 1/72
- Бензоиламиногруппа 3/569
- 1-Бензоиламиноантрахинон 1/245
- о-Бензоиламиноацетофенон 2/1109
- Бензоиламинотетраборная кислота 1/600
- Н-Бензоиламиноафтаол 1/257
- 1-Бензоиламинохлорантрахиноны 1/245

- N-Бензоилабазины 1/290
 Бензоилацетон 1/505
 Бензоилацетифеноны 2/86, 87
 3-Бензоилбензантрон 4/75
 2-Бензоилбензойная кислота 1/350
 Бензоилбензолсульфамид 1/515
 N-Бензоилгексаметиленамины 4/495
 1-Бензоил-5-изопентил-5-этилбарбитуровая кислота 4/240
 Бензоиллароване 1/442, 443; 2/412; 3/268, 372, 1043; 4/75; 5/692, 693
 1-Бензоил-3-(β-карбокситетил)индол 2/1176
 α-Бензоилнафталин 1/490
 Бензоилнитрат 2/456
 N-Бензоил-л-нитроанилин 3/501
 Бензоилосигруппа 3/569
 (±)-3-Бензоилосихинуклиды 3/701
 Бензоилпероксид 1/505, 80, 506, 508, 824, 1217; 2/134, 376, 464, 465, 811, 1013; 3/580, 815, 977, 1089; 4/92, 301, 840, 1128; 5/434, 446
 Бензоилпероксинитрат 3/979
 N-Бензоилпиперидин 3/1029; 4/494
 4-Бензоилпиридазин 3/1043
 β-Бензоилпропионовая кислота, эфиры 5/793
 Бензоилпроп-этил 1/1029
 Бензоилтерфенылы 4/1095
 Бензоилсульфосная кислота
 анилин 4/254
 ариламиды 1/78
 этиловый эфир 1/506, 507
 Бензоилсульфусный эфир 1/506, 507
 Бензоилфенантрены 5/116
 N-Бензоил-N-фенилгидроксиламин 1/507; 4/394; 5/128
 Бензоилфенилкарбинол, см. *Бензоин*
 1-Бензоил-5-фенил-5-этилбарбитуровая кислота 4/240
 Бензоилфлуорантены 5/212
 Бензоилфталевые кислоты 1/351
 Бензоилфторид 1/507
 2-Бензоил-4-хлоранилин 4/1224
 Бензоилхлорид 1/507, 245, 290, 488, 506-508, 510, 515, 530, 598, 942, 943, 989; 3/319, 372, 572, 696, 701; 4/803, 1095, 1225; 5/116, 212, 608, 786
 6-Бензоилхризен 5/608
 3-Бензоилцерамиды 4/968; 5/692, 693
 N-Бензоилэтиленимины 4/1225
 1-Бензоил-5-этил-5-фенилбарбитуровая кислота 1/455
 Бензоильная группа 1/442; 2/325, 326
 Бензоин 1/508, 487, 493, 494, 509, 510, 1210; 3/25, 687, 688; 4/92, 841, 867, 900
 Бензоиновая конденсация 1/508, 197, 445, 509, 510; 2/742, 889; 3/370, 688, 708; 5/433
 Бензойная кислота 1/510, 19, 337, 338, 373, 421, 453, 487, 488, 511, 513, 529, 530, 566, 573; 2/15, 182, 305, 615, 643, 644, 646, 935, 936, 1041, 1043, 1045; 3/126, 319, 498, 525, 526, 690, 711, 1088, 1251; 4/209, 230, 397, 578, 892, 1200, 1202, 1205; 5/17, 18, 33, 133, 200, 202, 377, 378, 781, 980, 1002
 амид 1/229, 231, 488, 517
 ангидрид 1/508
 анилиды 1/488
 диссоциация 2/939
 м-замещенные 2/461
 как консервант 2/634
 как модификатор смол 1/151-153
 как титрант 2/770
 нитрил, см. *Бензонитрил*
 тиоамид 4/1135
 фенилгидрохлорид 1/488
 фторангидрид 1/507
 хелатокомплексы 2/1083
 хлорангидрид, см. *Бензоилхлорид*
 эфиры 1/496; 2/151, 171; 3/526; 4/803
 Бензойная смола 1/511, 495, 510
 Бензойный альдегид, см. *Бензальдегид*
 Бензокарбазолы 1/655; 5/197
 Бензокраун-эфир 2/522, 985
 Бензоксазин 5/214
 Бензоксазол(ы) 1/511, 228, 267; 2/1228; 3/836; 4/625. См. также *Полибензоксазолы*
 Бензоксазолон 1/267; 3/519
 Бензокумарины 2/90; 3/703, 704
 Бензол 1/511, 512, 513
 ароматичность 1/375, 376. См. также *Ароматические соединения*
 гомотопия 4/1212
 Дьюара 2/366; 5/354
 замещенные 3/464; 4/917; 5/427.
 См. также индивидуальные представители
 – галогенсодержащие 2/202, 942; 3/1059
 – пикрат 3/1021
 – триацетаты и трикетаты 1/423
 – сим-формы 4/686
 и противоязвы 4/223
 и сольватированный электрон 4/750
 как безусловный канцероген 2/606
 как изомер 2/366
 как лиганд 2/1172
 как молекулярная жидкость 2/300
 как основание 2/282
 как химический дозиметр 2/221
 кластеры 2/795
 комплексы молекулярные 1/494; 2/1043; 3/18
 – со ртутью 4/554
 Ладенбурга 2/366
 «неорганический» 1/579
 НОМАД 3/378
 октановое число 3/726
 определение 2/292, 293, 1219
 получение 1/991, 1089; 2/6, 186, 591, 593-595, 685, 686, 811, 845, 846, 1041, 1043, 1046, 1328; 3/122, 446, 462, 1000, 1005, 1053, 1058, 1061, 1063, 1066, 1129; 4/501, 526, 926, 969, 1055, 1060, 1101, 1202; 5/20, 122, 133, 377, 714, 722, 833, 973, 982
 «пурпурный» 2/646; 3/25
 свойства 1/6-8, 52, 70, 135, 136, 156, 158, 159, 176, 312, 313, 372, 373, 376-378, 430, 436, 441, 487, 494, 496, 510, 517, 530, 566, 604, 605, 616, 697, 710, 718, 754, 759, 779, 780, 834, 863, 945, 947, 948, 953, 954, 969, 983, 987, 993, 996, 1163, 1175; 2/15, 132, 184, 204, 338, 380, 449, 497, 536, 615, 616, 665, 670, 672, 813, 941, 1156, 1204, 1272-1274, 1298; 3/46, 109, 113, 119, 127, 281, 371, 372, 392, 449, 451, 516, 526, 527, 531, 738, 786, 795, 826, 891, 936, 1033, 1045, 1062; 4/61, 69, 132, 157, 197, 209, 267, 277, 302, 355, 359, 388, 392, 393, 396, 417, 419, 446, 447, 468, 502, 512, 561, 631, 632, 757, 767, 768, 804, 869, 1039, 1095, 1105, 1108, 1109, 1117, 1126, 1154, 1156, 1157, 1162, 1257, 1267, 1268; 5/8, 11, 36, 56, 108, 125, 127, 130, 133, 222, 234, 354, 367, 378, 380, 449, 459, 561, 562, 566, 635, 644, 646-648, 705, 725, 784, 785, 790-792, 820, 824, 876, 877, 906, 907, 980, 996, 999, 1005, 1010
 смесь(и) азеотропные 1/66, 512
 – с бензином, см. *Напалм*
 – с изоктаном 1/500
 сырой 4/969, 753, 1115, 1158, 1202; 1/513; 2/593, 842, 845, 847, 1004, 1005, 1041, 1044, 1101; 3/727
 ЭРД 1/377
 Бензолазоацетанилиды 1/87
 Бензолазоацетарилыды 1/81
 Бензолгексакарбоновая кислота 1/513, 514
 Бензолгекса-н-гептаонат 2/287
 Бензолдиазогидроксид 2/71
 Бензолдиазонийхлорид 2/71
 Бензолдиазонианид 2/71
 Бензолдикарбоновые кислоты 2/396, 397; 4/1055, 1056; 5/376, 377
 Бензолдисульфамиды 1/515
 Бензол-1,3-дисульфогидразид 1/517
 Бензолдисульфокислоты 1/516; 2/186; 3/560; 4/448
 Бензол-1,3-дисульфогидразид 1/1069; 4/134
 м-Бензолдисульфохлорид 4/61
 Бензолкарбоновая кислота 1/510, 511; 2/643, 644
 Бензолмоносulfамиды 1/515, 517
 Бензолмоносulfокислоты 1/241, 516; 2/92, 186, 534; 3/364; 4/1158. См. также *Бензолсульфокислоты*
 азид 1/71
 метиловый эфир 1/260; 3/108, 109
 гидразид 1/1069, 1071, 1076; 4/134
 соль аммониевая 3/108
 – натриевая 1/516; 3/109
 Бензолпента(гекса)сульфокислоты 1/516
 1,2,3,4,5-Бензолпентакарбоновая кислота 1/513, 514
 Бензолполикарбоновые кислоты 1/513, 514, 515; 4/257, 1055; 5/376
 Бензолсульфамид(ы) 1/515, 516; 2/396; 3/108; 4/897; 5/557, 558
 Бензолсульфогидроксамовая кислота 1/1092
 Бензолсульфокислоты 1/515, 512, 516; 3/527; 5/133, 138, 142. См. также *Бензолмоносulfокислоты*
 амиды 1/515, 516; 2/396; 3/108; 4/897
 гидразиды 1/1069, 1071, 1076; 4/134
 хлорамины 5/557, 558
 хлорангидриды, см. *Бензолсульфохлориды*
 эфиры, см. *Сульфонаты*
 Бензолсульфонамид 1/175
 Бензолсульфонилазид 1/71
 Бензолсульфонилгидразид 1/1069, 1071, 1076; 4/134
 Бензолсульфонилхлориды 1/516, 517
 Бензолсульфохлорид(ы) 1/516, 373, 515, 517, 989; 2/186, 412; 3/108, 538; 4/937, 1159
 Бензолтетракарбоновые кислоты 1/513, 514, 516; 3/1067, 1068
 Бензолтиуриновые соли 1/516
 Бензолтрикарбонилхром 5/614
 Бензолтрикарбоновые кислоты 1/513, 514; 2/396; 4/206
 Бензолтриолы 4/1268, 1269
 Бензол-1,3,5-трисульфамид 1/515
 Бензол-1,3,5-трисульфокислота 1/516
 «Бензоный эффект» растворителей 2/912
 Бензолэписульфид 4/1121
 Бензометанольные смеси 1/650
 Бензонал 1/455; 4/240
 Бензонафтофуран 2/591
 Бензонитрил 1/517, 154, 488, 494, 510, 515, 969; 2/65, 497; 3/512, 516, 673, 1025; 4/67, 288, 419; 5/381
 Бензооксепины 3/684
 Бензоперилкарбоновая кислота, ангидрид 3/950
 Бензопиразол 2/436, 437
 Бензопирилены 1/517, 518, 519
 Бензопиридины 1/519
 Бензопилены 1/519, 427; 2/595, 605, 606; 3/293, 884, 894
 Бензопиридазины 1/520, 521, 522; 5/375, 376, 757, 758
 Бензо[с]пирин 2/397, 398. См. также *Изохинолин*
 Бензопирилия соли 1/522, 517, 518, 523, 524; 3/1048
 Бензопиримидиновые красители 2/981
 Бензо-γ-пирон 1/517
 Бензопирролы 2/359, 456, 457
 Бензоптеридины 1/525; 4/270
 Бензо-2,1,3-селенадиазол 1/525
 Бензоселеназолы 4/625
 л-Бензосемихинон 4/623
 Бензотетролы 5/140
 Бензо-2,1,3-тиадиазол(ы) 1/526, 1031
 Бензотиазепины 4/773
 Бензотиазол(ы) 1/527, 85; 2/699; 3/131, 1164; 4/230, 625
 бис-(2,2'-Бензотиазол)дисульфид 3/62
 2-Бензотиазол-л-Н,Н-диэтилтиокарбамилсульфид 3/62
 Бензотиазолия соли 1/527
 Бензотипины 4/1121, 1122
 Бензотиофения соли 1/528
 Бензотиофены 1/528, 529, 1177; 2/980, 1270; 3/463; 4/23, 1122, 1128, 1130, 1157, 1158
 Бензо-1,2,3-триазины 4/1251
 Бензотриазол(ы) 1/529, 85; 3/1164; 4/172, 174, 254, 640, 840, 1088; 5/123, 323
 Бензотрифторид 1/529, 530; 5/406
 Бензотрихлорид 1/529, 508, 510, 530, 719, 996; 2/177; 4/1202; 5/6, 583, 584
 Бензотропилий 5/20
 Бензотролоны 3/1054
 Бензофенантридины 2/398, 399
 Бензофенон 1/530, 358, 531; 2/88, 183; 3/364, 913, 974, 1234; 4/840; 5/6, 240, 369, 423, 790, 1001
 Бензофенон-2,4'-дикарбоновая кислота 1/351
 Бензофенонимин 1/200
 3,3',4,4'-Бензофенонтетракарбоновая кислота 2/80; 3/1215, 1247; 5/385
 Бензофлуорены 3/894
 Бензофуран 5/427
 Бензофуран-2-карбоновая кислота 1/531
 Бензофураны 1/531, 421, 1061; 3/575; 4/744, 745
 Бензофураксан 5/431-433
 1Н-Бензо[с]хинолин 3/951-953
 Бензо[h, f]хинолины 4/719
 Бензохиноны 1/531, 267, 336, 350, 421, 425, 430, 532, 533, 715, 1115, 1116; 2/182, 242, 437, 455, 460, 591, 972; 3/9, 388, 408, 542, 662, 767, 875, 1054, 1056, 1229; 4/419, 624, 737, 1125, 1148, 1269; 5/124, 433, 532, 533, 535
 Бензоциклобутандиен 1/531
 Бензпинакои 1/530; 3/1025
 Бензтиазурон 1/1031
 Бен.олил 5/419
 Беномил 1/498; 4/247; 5/418
 Бенсеразид 4/237
 Бенсулид 1/1033
 Бенсультап 2/469
 Бентазон 1/1032; 3/994
 Бентиокарб 1/505
 Бентонит 1/52, 789, 1141; 2/153; 3/284, 443, 837, 838, 992, 993, 1114, 1126; 4/91, 725, 1007
 Бентонитовые глины, см. *Бентонит*
 Бенуа графиксы 5/813, 814
 Бера закон 1/3; 2/861
 Берберин 1/533, 534; 2/277, 398
 Бергамилат 1/534

- Бергамотное масло 1/545, 1024; 2/1179; 5/1003–1005
Бергаптен 1/534, 535; 5/341, 342, 1004, 1055
Бергаптенхион 2/1087
Бергаптол 1/534, 535
Бергбау – Бауэра реакция 1/1075
Березовый деготь 2/15
Берестовый деготь 1/339; 2/15
Берзоли 4/649
Берилл 1/535, 537; 2/1064; 3/242; 4/556, 670, 675, 680, 681, 1006; 5/654
Бериллаты 1/536, 537
Бериллизация 1/537
Бериллий 1/535; 3/849; 5/937, 938
алкоголяты 1/169
алюминат 1/206; 2/1123
антимонид 1/331
арсенид 1/384
галогениды 1/285, 536, 539; 3/1069; 4/835, 843, 846
бораты 1/459, 1080
борид 1/583
бромид 1/536
гидриды 1/220, 538, 591, 1079, 1080; 4/342, 343
гидроксид 1/536, 539, 1092
гидрокарбонат 1/536
гидрокомплексы 1/536, 1099
интерметаллиды 2/484
иодид 1/536
как канцероген 2/606
карбид 1/536; 2/624, 625
нитрат 1/536; 3/504, 505
нитрид 1/536; 3/509; 5/52
оксидат 1/536
оксид(ы) 1/539, 536; 2/200, 734, 736, 887, 1043; 3/500, 698; 4/333; 5/1045
оксосили 1/536
определение 1/380, 381, 428, 537; 2/710, 1104; 3/169, 272, 512, 705, 707, 714; 4/424, 935, 936, 1221; 5/335, 336, 619
органические соединения 1/538, 539; 2/622, 872, 924, 1104; 3/80, 81, 1229; 4/54; 5/935
перхлораты 3/990
полионид 4/99
получение 1/537, 538, 869, 1104; 2/87, 177, 734; 3/635, 636, 1193; 4/342, 343, 561, 681, 1175; 5/205, 407, 651, 854, 895, 923
применение 1/537, 538; 3/87; 5/920, 1022
свойства 1/406, 535–537, 768, 787, 1015, 1080; 2/189, 282, 385, 767, 920, 1181; 3/74, 97, 439, 955, 957, 1144; 4/114, 300, 431, 584, 723, 813
селенид 4/618
силикаты 3/166; 4/674, 675
сплавы 1/215–218, 537, 617, 1063; 2/133, 948, 1332, 1333; 4/809; 5/80
сульфат 1/536, 539
сульфид 4/911
теллурид 4/1022–1024
форминат 1/537
фосфаты 1/537; 5/250
фосфид 1/536
фторид 1/539, 285, 536; 3/1069; 4/835, 843, 846; 5/391
хлорид 1/536
Бериллон II 1/537
Беркеит 4/904
Берклий 1/540
арсенид 1/541
бромиды 1/540, 541
гидриды 1/541
гидроксид 1/540, 541
иодид 1/540, 541
нитраты 1/541
нитрид 1/541
оксиды 1/540, 541; 2/564
перхлораты 1/541
получение 1/541, 542
применение 1/541; 2/564; 5/802
свойства 1/131, 132, 540, 541; 3/488, 957
сульфаты 1/541
сульфиды 1/541
фосфид 1/541
фториды 1/540–542
хлориды 1/540, 541
Берлиний 1/218
Берлинская лазурь 1/191; 2/268, 272, 273, 565, 1148; 5/703
Берля селла 3/338
Бероксан 2/1087; 5/341
Беротек 4/1194
Берри псевдовращение 2/907, 909, 910, 932; 3/392; 4/46, 47, 256, 257
Бертло – Нериста закон 4/357; 5/101, 826
Бертло – Томсона принцип 4/1085
Бертолетова соль 2/239, 443, 584; 5/560
Бертоллиды 3/434; 4/150; 5/515
Бертрандит 1/535, 537
Берцелианит 4/613, 619
Берцелиуса
таблица 3/413
теория 3/572; 5/508, 509
Бёрча реакция 1/542, 375; 2/886; 4/511
Бёрча – Хьюккеля реакция 1/542
Бескислородные соединения
защитные газы 2/326
неорганические кислоты 2/777–784
Бесконтактные методы
кондуктометрия 2/895–897
контроль проводящих сред 2/48
термометрия 4/1077
Беспрелелентные аэрозольные упаковки 4/196
Бессемеровское производство 3/95
Бессточные производства 1/466
Бесстружковый анализ 1/542, 543; 3/431
Бестигельное выращивание монокристаллов 3/256; 4/111, 112
Бесфункциональные каучуки 2/284, 286
Бесхлорные удобрения 2/348
Бесшкальные датчики 2/1280, 1283, 1284
Бесщелевые полупроводники 4/996
Бетаин 1/312
Бетанины 1/543, 251, 252, 1149; 2/371, 630, 654, 655, 1033, 1084, 1143; 3/106, 187, 487, 619, 620, 765, 1167; 4/699, 745; 5/653, 790
Беталит 1/1030
Бетанехол 5/593
Бетанидин 4/694
Бетапрея 3/444
Бета-распад, см. Радиоактивность
Бетафит 3/1077
Бетон(ы) 1/544, 545; 2/111, 112, 1151; 3/35, 144, 145, 288, 328, 357, 512, 894, 1169, 1200; 4/293, 604, 724, 834, 1039; 5/407, 671, 909
бесцементный, см. Полимербетон
газонаполненные 4/133
и радиационная защита 2/503; 4/289
– – стойкость 4/290, 291
кислотоупорные 2/776
модифицирование 3/1169
морозостойкость 3/272, 273
огнеупорные 1/871; 3/650, 651
отверждение 2/585, 1175
пластификаторы 3/1117, 1118
силикатные 1/871; 2/588
ячеистые 1/209; 4/1041, 1042
Бетулапенол 4/903
Бетулин 4/903
Бефеиум 4/225, 226
Бешана реакции 1/545, 272; 2/331; 3/310, 316
Биамбутол 5/973
Биамперометрическое титрование 1/288, 289
Биберит 2/829
Бигуанидин 1/327
Бигуаниды 1/453; 4/1249
Бидентатные лиганды 2/926, 928
Бидизин 1/1028
Бидистиллят 2/159
Бидрип 2/472
Бизаболян 4/659
Бизаболен(ы) 1/545; 4/659, 660, 1092
Би-зет, см. Хинкулидид-3-бензилат
Бикарбонаты 2/636. См. также Гидрокарбонаты
Бикомпонентные ииты 4/1016
Биксбиит 2/1290
Биксии 2/656, 657
Бикукулин 1/546; 5/1052, 1053
Биламид 3/487
Билевон 4/225, 226
Биливердин 2/279, 280; 3/622
Биливердинредуктаза 2/279
Биливистан 4/478, 479
Билигност 4/478, 479
Билиграфин 4/478, 479
Билимины 4/478, 479
Билимиро 4/478, 479
Билирубин 1/242, 483, 484; 2/279, 975; 3/622
Билитраст 1/312
Билотия 4/478, 479
Билтрицид 4/225, 226
Биметаллические материалы 1/343; 2/48, 949; 4/1078
Бимолекулярные реакции 1/546, 1216, 1217; 2/124, 125, 753–755; 3/222, 258, 294, 295; 3/545; 5/938, 939
взлнз критической точки 2/1072
газофазные 1/546, 547
гетеролитические 2/313
гомолитические 2/831
дегидрогалогенирование 2/13, 14
диффузионно-контролируемые 2/192, 193, 755
жидкофазные 1/548
замещение 1/182; 2/313, 831, 906, 931, 932, 939–941, 983; 3/602; 4/442, 859; 5/195, 295, 904
и конкурирующие реакции 2/898
изотопный обмен 2/388
как элементарный акт 2/922
квантовый выход 5/350
кинетика 2/195, 759, 902, 903, 939–942; 4/1031, 1032
механизмы 3/141, 142
нуклеофильные 2/128, 313, 906, 931, 932, 940, 941, 983; 3/602; 4/422, 859; 5/195, 295
обращение конфигурации, см. Вальденовское обращение
перекислирование 3/936
переминирование 3/937
полимеризация 2/922; 3/1266
правила пространственные 2/127–129
– – стереоэлектронные 2/130
присоединение 1/177; 4/416
радикальные 4/164, 165
рекомбинация ионов в газах 2/530
с переходом тяжелых частиц 2/508, 509
сечение 3/238
согласованные 4/416; 5/365
твердофазные 1/548; 4/433
теория столкновений 1/546–548; 4/871
фотоперенос протона 5/337
фотохромные 5/360
фрагментация 5/365
электрофильные 2/128, 313, 940; 5/904
элиминирование 1/1180; 5/938, 939
Биапакирил 1/107
Бинарные системы, см. Двойные системы
Биафтил 5/649, 650
1,1'-Биафтил-4,4',5,5',8,8'-гексакарбоновая кислота 2/1095
Бингамовская вязкость 4/486
Биндон 2/439
Биндшеллера зеленый 3/675; 5/530
Бинодали 2/61; 4/370, 1003
Био
закон 3/772
числа 2/1301; 3/1184; 4/1046; 5/821
Биогаз 3/101, 861
Биогенное вещество 1/553
Биогенное происхождение нефти 3/457
Биогенные геохимические процессы 1/1017, 1019, 1020
Биогенные химические элементы 2/1010; 4/630
Биогеохимические провинции 1/1020, 1022
Биогеохимический поиск полезных ископаемых 1/1016
Биогеохимия 1/1019
Биогидрометаллургия 1/1104
Биодетрация 2/989
Биодезаминирование 2/17
Биодоступность лекарств 5/109
Биозиды 1/1127
Биозы 3/746
Биокатализаторы, см. Инженерная энзимология, Ферменты
Биокоррозия 1/549, 770; 2/956; 3/1179, 1180; 4/83
Биокосное вещество 1/553, 554
Биокосные системы 1/1020
Биологическая химия 1/557–559. См. также Биохимия
Биологические методы анализа 1/549, 293
Биологическое окисление
дыхание, см. Дыхание
и брожение, см. Брожение
и обмен веществ 3/611, 612, 623–625
фосфорилирование, см. Окислительное фосфорилирование
Биоломисценция 2/135, 1219; 5/149, 150, 153, 445
Биомасса 3/155–157, 451; 5/150, 342. См. также Биосфера
Биомембраны 3/48, 49–53; 1/470, 481, 484, 751, 1111, 1137; 2/527, 661; 4/1207; 5/269. См. также Токсины, Яды
белки, см. Белки мембранные
двойной электрический слой 1/560; 2/1
и биосенсоры 4/628
и кальмодулин 2/577, 578
и незаменимые жирные кислоты 3/396
и флуоресцентные метки 2/1185
и черные пленки 5/776
коферменты 2/654, 655
липиды 2/522, 1188–1191; 3/48, 49; 5/39, 273
– бислой, см. Липидный бислой
липосомы 2/1200
метаболизм и катализ 3/46
молекулярная организация 2/424; 3/51, 52
плазматические жиры 2/305
потенциал 1/560
проницаемость 2/35, 141
транспорт ионов, см. Ионифоры
– кислорода 2/658
фотосинтезирующие, см. Фотосинтез

- энергетика 1/560, 561. См. также *Дыхание, Окислительное фосфорилирование*
- явления механизмы электрические 1/560, 561
- поверхности 3/1174
- Биогеографическая химия 1/550, 551
- Биоорганическая химия 1/551, 552, 553, 559; 3/210
- Биополимеры 1/553, 551, 552, 559, 860, 1100, 1129, 1137; 2/1162–1164, 1263; 5/38, 510. См. также *Хитин, Целлюлоза*
- антигены 2/423–429
- гликаны, см. *Полисахариды*
- гликопротеиды, см. *Гликопротеины*
- действие канцерогенов 2/604–606
- как лиофильные золи 2/332
- как полупроводники 4/108
- конформационный анализ 2/914, 915; 3/1263
- липополисахариды 2/1196, 477, 1197, 1198; 1/324, 553, 1137, 1154; 4/35, 36, 38
- липопротеины 2/1198, 819, 1184, 1199; 3/483, 484, 555, 1132; 4/163, 927
- малоупругое рассеяние излучений 2/191
- молекулярная масса 3/220
- моносахариды 3/269, 270
- мутации 3/293–301
- полинуклеотиды, см. *ДНК, Нуклеиновые кислоты, РНК*
- протеины, см. *Белки*
- разделение 2/295; 5/813, 817
- синтез 3/790. См. также *Биосинтез, Генная инженерия, Матричный синтез, Хемосинтез*
- транспортные, см. *Транспортные биополимеры*
- хиральность 5/538
- Биоразлагающиеся моющие средства 2/27
- Биорегуляция 4/484
- Биосенсоры 1/561; 4/628; 5/151, 153, 916, 917
- Биосинтез 1/553; 5/718. См. также *Биополимеры, индивидуальные представители алкалоидов, витаминов, гормонов, липидов и др.*
- ассимиляция 1/553, 1149, 1151; 2/633; 3/503, 504, 697, 810–812. См. также *Анаболизм*
- генетических структур, см. *Генетическая инженерия, Генетический код, Гены*
- и биоазотфиксация 1/103, 104
- и биоокисление, см. *Брожение, Дыхание, Окислительное фосфорилирование*
- и метаболизм, см. *Обмен веществ*
- и синтез бактериальный, см. *Биотехнология, Микробиологический синтез, Микроорганизмы*
- матричный 1/1325, 1326
- фотохимический, см. *Фотосинтез*
- катализаторы, см. *Инженерная энзимология, Ферменты*
- меченых соединений 3/148
- Биосисталлы 4/706–708
- Биоспецифическая хроматография 1/416–418; 5/621
- Биоспецифические электроды 2/522
- Биостераны 3/379
- Биостера 1/553, 554, 559, 1015, 1016, 1019, 1020; 5/3
- Биотексти 3/566, 567
- Биотехнология 1/554, 559; 2/421–423, 428, 989; 3/212, 283, 284, 594, 627; 4/428; 5/157, 158, 204, 237, 547
- генина, см. *Генетическая инженерия*
- и модифицирование полимеров 3/203
- инженерная энзимология 2/463, 464
- микробиологический синтез 3/155, 156, 157; 2/463
- Биотин 1/555, 40, 451, 556, 609, 751, 1155; 2/970, 1170; 3/1083; 4/634
- Биотиты 4/555, 556, 678, 679, 723, 724; 5/654
- Биофармация 5/109
- Биофильтры 3/861
- Биофлавоноиды 1/556, 322, 557, 745, 750, 752; 2/731; 5/203
- Биохимия 1/557, 558, 559; 5/151, 152, 509. См. также *Биоэлектрохимия*
- высоких давлений 1/1218, 1219
- и обмен веществ 3/210. См. также *Биоэнергетика*
- и очистка пластмасс 3/864
- стокос 3/860, 861, 864, 1055, 1169, 1170
- и протравление жиров 2/305
- и реакторы 1/773; 2/232; 3/155; 5/149–151
- корреляционные соотношения 2/942
- лазерная 2/1123
- Биоидии 1/559; 4/947. См. также *Пестициды*
- антисептики, см. *Антисептические средства*
- дезинфектанты, см. *Дезинфицирующие средства*
- как присадки 3/278; 4/174, 175
- консерванты, см. *Консервирующие средства*
- Биоцититы 2/970
- Биоэлектрохимия 1/559, 560, 561; 5/847, 924
- Биоэнергетика 1/561, 558, 559; 3/210, 225, 611, 624, 625; 5/34
- Бипирамидальные соединения 1/379
- Бипридилы 2/141, 142, 248
- Бипририды 2/141, 142; 5/333
- Бипольные ионообменные смолы 1/289
- Бирадикалы 1/562; 3/288, 891; 4/300; 5/684, 891
- Бирингит 3/351
- Биркенбаха – Губо – Уотерса реакция 1/953
- Бирюза 2/222; 5/251, 281
- Бирзовые красители и пигменты 5/382, 383
- Бисаболены 1/545; 3/432
- Бисакодил 4/720, 721
- Бисамиды 4/525
- Бисаммониевые соединения 1/328, 329; 3/845, 1164
- Бисапорфины 2/400
- Бисарены 1/824; 2/1035; 3/251; 4/468, 821
- Бисбронгидразин 1/1071
- Бисбразоны 3/655
- Бисдиазосоединения 4/1199
- Бисептол 4/902
- Бисерная полимеризация 4/953
- Бисерные мельницы 1/774; 2/354–356; 3/991; 4/765; 5/1006
- Бисеквит 5/1113
- Бисмаленимидные смолы 5/430
- Бисмидт 1/733, 738
- Бисмоцелит 5/552
- Бисмутин 1/733
- Бис(нафталин)хром 5/635
- Бисиноболены 3/494
- Бистри 3/1115
- Бис(трикарбонил(циклопентадиенил)-вольфрам) 1/823
- Бис(трикарбонил(циклопентадиенил)-молибден) 3/251
- Бисульфитная обработка древесины 4/119
- Бисфенам ПО 1/334
- Бисфенетилизохинолины 5/119, 120
- Бисфенол(ы) 1/163, 337, 436; 3/21, 1258; 5/133, 135, 143
- А 1/164, 562; 2/95, 96; 3/1213, 1252–1254; 5/132, 133, 959, 963
- диастеты 3/1212, 1213
- диалкоформаты 3/744
- дициановые эфиры 4/70
- щелочные соли 4/44
- Бисцианамиды 4/70
- Бис-β-цианэтилларсины 5/710
- Бисцианэтирование 5/709
- Бис-β-цианэтилфосфины 5/710
- Бис(η-1,5-циклооктадиен)инкель 2/97
- Бисциклопентадиенильные соединения 1/823; 2/1035; 3/251; 5/713. См. также *Ферроцен*
- Бис(этилбензол)хром 5/611
- Битин 4/225, 226
- Битиодий 4/230, 231
- Битионол 4/225
- Битовит 3/1192
- Битуминозные пески 1/562, 205, 564; 2/169; 3/278, 452
- и сланцы 1/673
- Битумные материалы 1/563, 564, 871; 2/601
- бумагопропиточные 1/621
- лаки 1/562, 563, 564; 2/1129
- кровельные 3/1245
- мастики 2/1319, 1320; 3/467
- пеховый латекс 2/837
- полимерные компаунды 2/868
- противокоррозионные 3/1180
- эмульсии 1/564
- Битумы 1/564, 872; 2/7; 3/168; 5/42
- асфальты 1/398, 564
- горение 3/648
- диалатансы 2/112
- дорожные 1/1178; 2/904, 1319; 3/724, 864
- дуктильность 3/447
- как олигомеры 3/743
- как плейкообразователи 3/1140
- каменноугольные 2/596
- коксуемость 3/448
- нефтяные 1/564, 398, 562, 563, 565, 827; 2/1251, 1297, 1319; 3/442, 496, 452, 467, 1116; 4/612, 1059
- окисленные 1/565; 3/442
- остаточные, см. *Гудрон*
- песков, см. *Битуминозные пески*
- применение, см. *Битумные материалы*
- сланцев 1/673
- твердых горючих ископаемых 1/565, 566, 626, 627, 673; 2/596; 4/1223
- торфяные 4/1223
- Биурет 1/566; 3/280; 5/701
- и мочевины, смесь 4/134
- изоцианат 4/54
- свойства, см. *Биуретовая реакция*
- Биуретовая реакция 1/566, 393, 475, 989, 1123; 2/476; 3/930
- Бифенил 1/566, 373, 567, 947; 2/17, 315, 591, 593; 3/333; 4/61, 690, 768; 5/5, 649, 650. См. также *Дифенил*
- бис-(Бифенил)аллилы 4/1255
- 1,3-бис-(Бифенил)-2-(4-изопропил-фенил)аллил 4/301
- 2-(4-Бифенил)-5-(1-нафтил)-1,3,4-оксадиол 3/675
- Бифенил-4-карбоновая кислота 4/1095
- Бифенокс 1/1027
- Бифенолы 5/587
- Бифетрин 3/1042
- Бифенозол 4/228, 229
- Биформин 3/1249
- Бифункциональные соединения 2/420
- катализаторы 1/1160
- каучуки 2/284–286
- Бифуркации точки 2/1122, 1259
- Бифуркоза 3/748
- Бихроматометрия 1/670; 2/204, 205; 4/1189
- Бициклены 3/32
- Бициклические соединения 1/869
- Δ¹-дизетин 2/66, 67
- пептидные антибиотикоты 3/927
- секстиперены 2/26; 4/659, 660
- углеводороды, см. *Бициклоалканы, Бициклоалкены, индивидуальные представители фосфорсодержащие гетероциклы*
- 5/314
- Бициклоалканы 1/142, 177, 317, 597; 2/26, 27, 130, 461, 787, 909, 911, 935, 940; 3/331, 332, 378, 580, 1025; 4/512, 1074
- Бициклоалкены 1/104, 142, 378; 2/130, 935; 3/332, 579, 581; 5/927
- Бициклобутан 1/177, 597; 3/332
- Бициклобутены 3/332; 5/927
- Бицикло[2.2.0]гекса-2,5-диен 2/366
- Бициклогексан 3/331, 332
- 1,1'-Бициклогексан-1,1'-диол 3/1025
- Бицикло[2.2.1]гепта-2,5-диен 1/142; 3/579
- Бицикло[2.2.1]гептан 3/580; 5/719
- экзо-Бицикло[2.2.1]гептан-2-карбоновая кислота, метиловый эфир 3/580
- Бицикло[2.2.1]гепт-2-ен 3/581
- Бицикло[4.4.0]декан 2/26, 27; 3/378
- Бицикло[4.4.0]декан-1-он 2/787
- Бициклодекапентаены 1/104, 378
- Бициклоимин 3/927
- Бициклоноаны 1/142; 2/909, 911; 3/378
- Бицикло[2.2.2]октан-1-карбоновые кислоты 2/461, 940
- Бициклооктаны 2/130, 461, 940; 3/331, 378; 4/512; 5/729
- Бициклопентан 3/331, 332
- 1,1'-Бициклопентан-1,1'-диол 3/1025
- Бициклофосфаты 5/255
- Бициклофосфиты 5/266, 314
- Бичоффа-Брауна модель 5/110
- Бишлера реакция 1/567
- Бишлера-Мёлау реакция 1/567
- Бишлера-Напиральского реакция 1/567, 568; 2/398; 5/714
- Бишоалит 1/956
- Бишофит 1/611; 2/1234, 1235, 1246, 1248; 5/552, 563
- БК, каучук 1/645–647; 2/705, 706
- Благородные газы 1/568, 407, 412, 569, 570, 1015; 2/77, 147, 163, 1043; 3/18, 19, 82, 83, 348, 413–415, 662, 956; 4/814; 5/387, 936, 937. См. также *Аргон, Гелий, Криптон, Ксенон, Неон, Радон*
- замороженные матрицы 5/446
- защитные 2/326
- как компоненты воздуха 1/399, 400, 794–798
- как носители в радиохимии 3/584
- как плазмообразователи 3/1099
- как редкие элементы 4/431
- радиоактивные 4/320
- сжиженные 2/300; 4/366
- твердые 2/1034; 3/226, 1144
- Благородные металлы 1/570; 2/766; 3/7, 76, 97, 1193, 1194; 4/591, 593; 5/651, 854. См. также *Золото, Платина, Платиновые металлы, Серебро*
- амальгамация 3/636
- анализ, бесстружковый 1/542, 543
- пробирный 2/709; 4/183, 184
- фотометрический 4/530, 531
- арфнаж 3/413
- имитация 2/999, 1000
- как магнитные материалы 2/1242
- как редкие элементы 4/431
- кондиции коренных руд 4/560
- селективное концентрирование 2/818

- сплавы 2/1242; 4/809
 Благородные минералы
 опал 2/222
 шпиль 1/206; 5/788, 789
 Бладекс 1/1033
 Блазер 1/1027
 Блазера-Вормса формулы 5/286
 Блана реакция 1/160; 4/1258; 5/222, 566, 567
 Бланкофоры 3/837
 Бланоза 2/633, 634
 Бластидины 5/417, 422
 Блеклые руды 3/165
 Блеоксан 1/571
 Блеомидины-гидролазы 1/571
 Блеомидиновая кислота 1/570, 571
 Блеомидины 1/570, 321, 571; 3/926, 927, 1051; 4/236
 Блеоины 1/571
 Блеск
 медный 3/1
 металлический 3/96, 98
 минералов 3/167
 Блуждающий порядок 5/515
 в жидкостях 2/300, 301
 в металлах 3/97
 Блокирующие агенты 2/406
 Блокестичные полимеры 2/1166
 Блоксополимеры 1/571, 572, 588, 1001; 2/465, 1266; 3/202, 610, 905, 1136, 1260; 4/31, 40, 94, 699, 734, 734, 764-766, 844; 5/983, 984, 991, 992
 виниловых эфиров 3/1227
 как ПАВ 3/1165
 кремнийорганические каучуки 2/1012
 полиарилаты 3/1213
 полиацетилены 3/1216
 полиуретаны 4/56
 проксимины 4/188, 189, 202
 проксаноны 4/189, 202
 термоэластопласты 4/1087, 1088, 1089; 1/572
 уретановые эластомеры 5/84, 85-87
 Блочные процессы
 изоморфное замещение в кристаллах 2/371
 полимеризация 1/572, 632; 3/777, 1196, 1233, 1266; 4/21, 22, 30, 31, 39-41, 840, 953
 - трехмерная, см. *Сетчатые полимеры*
 - синтез нуклеиновых кислот 3/590
 Бломстранга соль 2/573
 Блуждающие токи 2/956; 3/1179, 1180
 Блэка принцип 4/1028
 БНК, каучуки 1/629
 БОА, ингибитор 2/305
 Бобровая струя 1/572, 573; 3/134
 Боброаского эффект 5/898
 Боголюбова-Бориа-Грина-Кирквуда-Ивона уравнения 4/829
 Боденштейна
 метод 2/715; 5/682, 686
 число 3/1184
 Бозе-жидкость 1/1003
 Бозе-Эйнштейна
 конденсация 2/1035
 статистика 2/718; 3/892; 4/826, 997
 Бозоны 3/627, 892; 4/687, 826; 5/930, 932
 Бойля точка 1/727
 Бойля-Мариотта закон 1/573, 662, 924, 988
 Бокса-Уилсона метод 3/1111
 Бокситы 1/52, 207, 211, 213, 217, 934, 936; 2/263, 582; 3/288, 351, 356, 968, 1001; 4/633
 Болелуляющие средства 1/296, 297; 4/192, 569. См. также *Анальгетические средства*
 Болотометры 3/493; 4/785
 Болотный газ, см. *Метан*
 Больцмана
 постоянная 1/573, 908; 2/754
 принцип 4/185, 1070
 распределение 1/925; 3/1094; 4/1029; 5/886, 887
 статистика 4/826, 827
 уравнение 3/426; 4/830, 831, 1029
 Больцмана-Вольтерры интеграл 4/485
 «Большие транкализаторы» 3/398, 399
 Бомба
 калориметрическая 2/574, 575; 3/447; 4/1086
 Парра 1/949
 с листовым фильтром 5/195
 бомбардирующие частицы, см. *Ядерные реакции*
 Бомбиол 5/161
 Бона-Шмидта реакция 1/573; 3/690
 Бонафонт 3/390; 4/218
 Бонил 3/1139
 БОН-кислота 3/704, 705
 Бор 1/573, 768; 3/406; 4/349, 350, 573; 5/54, 937
 азид 1/343
 арсениды 1/384, 574; 3/314
 гидриды 1/596, 600, 602; 2/120, 282, 1138; 3/205, 236, 576. См. также *Боранаты, Бораны, Бороводороды, Борогидриды, металлов*
 галогениды 1/574, 578, 579, 592, 612; 2/325; 4/1138
 гидроксиды 1/582, 600; 2/783; 4/976; 5/259, 454
 дейтерид 1/579
 диоксиды 2/769; 3/971
 интерметаллиды 2/481
 карбида 1/576, 575, 584; 2/623-625, 879, 949; 3/243, 325, 499, 576; 4/33, 289; 5/43, 52, 371
 нитрид 1/576, 574, 577, 1195; 2/47, 209, 477, 734, 806, 1055; 3/147, 205, 257, 499, 500, 508-510, 1126; 4/142, 333, 1007; 5/52
 оксиды 1/577, 299, 300, 335, 575, 576, 578, 581, 582, 587, 1184; 2/453, 560, 582, 1234, 1251; 3/334, 698, 990, 1056; 4/110, 111, 333, 359, 690, 706-708, 835, 846, 1086, 1098; 5/52, 497
 определения 1/121, 575; 2/654, 710, 711, 974, 1108; 3/113, 168, 169, 403; 4/1126; 5/873
 перхлораты 3/986, 990
 получение 1/575, 869, 1019; 2/391, 560; 3/413, 636; 4/561, 1175
 применение 1/575, 576, 832; 2/209; 3/160, 161, 484, 698, 775; 4/106, 108, 115, 321, 836, 838. См. также *Борные волокна, Борные удобрения*
 свойства 1/406, 575, 576, 1015; 2/189, 384, 385, 392, 832, 920, 1055; 3/96, 402, 955, 957, 958, 971, 1093; 4/103, 152, 433, 574, 723, 808, 813, 1019; 5/617, 652, 752. См. также *Борирование*
 селениды 1/574; 4/618
 силикаты 1/587; 2/583; 3/166; 4/674, 678, 680, 681
 силаниды 1/575
 соединения, номенклатура 3/576
 - полиэдрические 2/793
 - органические 1/594, 578, 582, 588, 595-603; 2/120, 214, 622, 1015, 1101, 1107, 1142; 3/314, 432, 672, 722, 1122, 1125; 4/839, 893, 976, 1100, 1138; 5/462, 518, 537
 - аллильные комплексы 2/276
 - бораты 1/582, 583, 648; 3/980; 4/359
 - карбораны 2/649, 648, 650-652
 - полимерные 3/419. См. также *Боропластики, Бороорганические полимеры, Карборансодержащие полимеры*
 - с металлами, см. *Бориды*
 сплавы 1/575, 1039; 2/250, 260, 1008, 1153, 1154, 1242; 3/91, 249, 410, 482; 4/114, 142, 809, 1175
 сульфид 1/574
 трифторид 1/578, 566, 574, 589, 600, 635, 864, 948, 983, 995; 2/71, 76, 118, 120, 137, 140, 214, 282, 391, 645, 647, 665, 673, 697, 770, 779, 804, 1017, 1101, 1107, 1142, 1205; 3/123, 251, 285, 346, 528, 534, 558, 682, 718, 722, 764, 765, 803, 839, 913, 936, 1227, 1244; 4/169, 205, 525, 752, 802, 914, 1027, 1090, 1100, 1122, 1124, 1125; 5/8, 16, 57, 69, 141, 142, 222, 367, 388, 389, 392, 399-401, 982, 991, 1007
 фосфиды 1/574; 5/257
 хлорид(ы) 1/578, 574, 579, 582, 648, 894; 2/626; 3/190, 392, 698; 4/272; 5/16, 367, 450
 Бора
 магнетон 2/1244; 4/997; 5/868, 886
 модель атома 3/959, 960
 периодическая система химических элементов 3/956-958
 радиус, см. *Боровский радиус*
 щелочной эффект 1/1008
 1-Борадаммантан 1/178, 594
 9-Борабицикло[3.3.1]ионал 1/601
 3-Борабицикло[3.3.1]ион-6-еи 1/178
 Боразан 2/918
 Боразин 1/579
 Боразол(ы) 1/579, 592, 595; 5/713
 Боразольные полимеры 1/594
 Боразон 1/1220; 3/147; 5/53
 Борамофос 1/587
 Боранаты
 металлов, см. *Борогидриды металлов*
 органические 1/582
 Бораны
 неорганические 1/1083; 2/282, 919; 3/204, 333, 576; 5/266. См. также *Бороводороды*
 органические 2/119. См. также *Бор, соединения органические*
 полиэдрические, см. *Карбораны*
 Бораты
 неорганические 1/580, 574, 578, 581, 582; 2/222; 3/165, 166, 351-354, 1054; 4/835-837, 1162. См. также *Борные кислоты, Борные руды*
 органические 1/582, 583. См. также *Бор, соединения органические*
 фторсодержащие, см. *Фторобораты*
 Борабицикланы 1/594-598, 602
 Борацины 1/580, 581, 587
 Бордо, краситель 3/524, 953; 4/74
 АшФ ЗР 2/997
 2С 2/149, 150
 4С 2/221
 Бордоская жидкость 2/587, 1334
 Бориды 1/583, 575, 584, 585, 592, 1191; 2/249, 250, 671, 796, 1153, 1234; 3/76, 334, 353, 649; 4/465, 482, 575, 981
 Борий 5/929
 Борикаты 4/976
 Борирование 1/575; 2/259, 1154; 3/1101; 4/808; 5/451
 Бормагниеные удобрения 1/587; 5/54
 Бориа
 модель 4/374
 уравнение 4/409, 749
 Бориа-Габера цикл 4/814
 Бориа-Майера уравнение 2/510
 Бориа-Оппенгеймера
 приближение 1/45, 791; 5/880, 881, 883, 1056
 теория растворов 4/374, 376
 Бориа 2/597
 Бориаины 2/600, 601; 5/957
 Боризиты 5/714
 «Борийская камфора» 1/585
 Борисолы 1/585, 573, 586; 2/292, 597-599, 601; 3/580; 4/609, 714, 1090-1092; 5/438, 719, 1004
 Борнилацетат 1/585; 2/601; 5/438, 1004
 Борниловые эфиры 1/585, 586; 2/601
 Борнилхлорид 2/597-599; 3/1027
 Борнит 3/1, 2, 4
 Борнитроаммофоска 1/587
 Борнометиловый эфир 1/575
 Борные волокна 1/574, 575, 593, 594, 802; 2/878-880; 3/145, 327, 329, 417
 Борные кислоты 1/586, 337, 338, 573-575, 577, 580-582, 585-588, 783, 974, 1150; 2/1, 19, 79, 583, 588, 770, 783, 800, 822, 1081, 1251; 3/403, 690, 696, 703, 867, 1208; 4/205, 570, 641, 668, 838, 1109, 1191; 5/224, 385, 399, 400, 521, 616
 и сопряженные основания 2/782
 как антисептики 2/802
 как удобрения 1/587
 соли, см. *Бораты неорганические*
 эфиры 2/1015. См. *Бораты органические*
 Борные руды 1/586, 573, 574, 587
 Борные суперфосфаты 1/587
 Борные удобрения 1/587, 586, 588; 2/583, 870; 3/250
 Бороалюмосиликаты 1/1125
 Бороводороды 1/588, 574, 582, 589, 590, 596, 600, 602, 1079; 2/1205, 1234; 3/204; 4/76, 342; 5/463. См. также *Бораны*
 Боровский радиус 1/590
 Борогидриды металлов 1/590, 588, 591, 592, 870, 1079, 1080; 2/1205; 3/353, 354, 1038; 4/342. См. также *Боранаты органические*
 реакция 1/592, 953; 2/645; 3/981
 Бороксановые полимеры 1/594
 Бороксолы 1/595
 Боромицил 4/800
 Боромицины 1/582
 Бороитрокоальцит 3/352
 Бороиновые соли 1/594
 Борокитротетрафторид 1/605
 Бороорганосилоксаны 3/806, 808
 Боропластики 1/593, 594; 2/870, 880; 3/327, 1119, 1122
 Бороорганические полимеры 1/594
 волокнистые, см. *Боропластики*
 карборановые, см. *Карборансодержащие полимеры*
 Боросиликаты 1/587; 2/583; 3/166; 4/674, 678, 680, 681
 Борофтористоводородная кислота 1/974; 3/576
 Борт 1/188
 Борфосфановые полимеры 1/594
 Борше-Рида модификация 5/370
 БОТ, ингибитор 2/305
 Ботулинические токсины 1/603, 604; 3/846; 4/1194, 1195; 5/1045
 Боуна вилка 4/680
 БПК, см. *Бромпроцолловый красный*
 Браве решетка 2/1068, 1069; 4/994
 Брадикинины 1/1120; 2/635, 759, 760; 3/884; 5/1040
 Бразан 3/894
 Бразилия 2/974
 Бранкерит 2/546; 5/73
 Брассикастерин 4/859, 860
 Брассиловая кислота 3/291
 Брассинолид 4/428

- Брассиностероиды 4/428; 5/195
 Брауна правило селективности 1/604, 605
 Брауна реакция 1/605, 230, 606; 2/6 ряды 1/605
 Брауна-Уокера реакция 1/606
 Браунит 2/1285, 1290
 Браунса линия 2/1173
 Бреветоксин 5/1048
 Бревиколлин 2/459, 460
 Бредина 3/594, 595
 Бредта правило (запрет) 1/606, 607; 2/599, 935; 3/331
 Брезенты 3/1231, 1237
 Брейта-Паули уравнение 4/686, 788
 Брекпота реакция 5/939
 Бреннера кислота 3/382
 Брэнстеда активные центры 1/1056, 1057; 2/664; 5/679, 680
 кислоты 4/244; 5/964
 коэффициент 4/422
 теория 2/778, 780–783
 уравнение 2/939; 4/421, 422
 Бреон 1/629
 Брестан 1/193, 341
 Бретилий 4/964
 Бреуэллит 5/616
 Бриджмена метод 2/557, 558; 4/951, 1024
 Бриджмена-Стокбаргера метод 2/223; 3/255, 256; 4/604
 Бризантины взрывчатые вещества 1/607, 109, 221, 280, 281, 608, 705, 706, 991, 999, 1000; 2/47, 126, 127, 131, 210, 212, 466, 467; 3/503, 522, 531, 532; 3/729, 1020; 4/162, 1082, 1102, 1103, 1111, 1249, 1265–1267; 5/666, 667, 985, 988. См. также *Детонация*
 Брикетирование 2/842; 3/93, 894, 895
 Бриллиантовые красители желтый 2/81
 зеленый 1/338; 3/834; 4/230, 945
 Бриллианты 1/188, 1185; 5/766
 Бриллюэна зоны 4/995
 Бринелля метод 4/998
 Бродифакум 2/343
 Брожение 1/608, 437, 558, 609–611, 649, 1000, 1101, 1102, 1135, 1137, 1147, 1155; 2/616, 646, 989, 1273, 1295; 3/101, 252, 253, 614, 627, 697, 785; 4/804; 5/39, 56, 152, 158, 663, 995, 997, 1015. См. также *Гидролизные производства* и *окислительное фосфорилирование* 2/608–611; 3/668
 и синтез АТФ 1/561
 – микробиологический 3/155
 Бром 1/611, 768; 2/789; 3/170, 955, 958; 5/937
 гидраты 1/911
 как заместитель 3/569
 оксиды 1/970
 определение 1/468, 614, 894, 895; 2/449, 499, 507, 710–712, 770, 896, 1083, 1217, 1224; 3/64; 4/159, 396, 549; 5/124, 957. См. также *Бромометрия*
 перхлорат 3/989
 получение 1/614, 1019, 1109, 1175; 2/392; 3/413; 4/35
 применение 1/614; 2/1267; 4/106. См. также *Бромная вода*
 свойства 1/187, 412, 612, 613, 945, 962, 969, 970, 1004, 1005, 1178; 2/28, 129, 170, 171, 252, 282, 370, 385, 386, 522, 793, 810, 911, 912, 1181; 3/148, 165, 280, 346, 569, 584, 602, 603; 4/321, 334, 349, 515, 813, 853, 854, 856, 922, 1129, 1143, 1149, 1162, 1164–1166, 1255, 1256, 1269; 5/6, 16, 195, 408, 463, 608, 722, 878, 936
 соединения 2/505; 3/573, 574. См. также *Броматы*, *Бромиды*, *Бромистоводородная кислота*, *Бромистый водород*
 – включения 1/1193; 2/798
 – межагалогенные 1/613, 950, 959, 966–968, 1099, 1193; 2/333, 536, 1038; 3/11, 12, 1237, 1238; 4/213, 339, 358, 548, 559; 5/553
 – молекулярные 4/1122
 – органические 2/376, 409; 3/765. См. также *Бромбензолы*, *β-Бромстирол*, другие представители
 – БПК, см. *Бромпиригосалловый красный*
 – имиды, см. *Н-Бромсукцинимид*
 – си-эй, см. *Бромбензилцианид*
 цианид, см. *Бромциан*
 экзимеры 2/1037
 1-Бромадмантан 1/34
 Бромадиолон 2/343
 Бромазепам 4/1225
 Бромазид 1/93
 2-Бромакридин 1/112
 α-Бромакриламид 1/127, 128
 Бромалкансульфокислоты 4/896
 N-Бромамиды 1/230, 425, 824, 1181
 3-Бром-2-аминоаитрахинон 1/239
 Броманиновая кислота 1/238, 240, 353, 525
 2-Бром-3-амино-5-нитрофенол 3/519
 2-Бром-1-амино-4-(*п*-толуидино)аитрахинон 2/302
 4-Бром-2-амино-1,3,5-триметилбензол 3/25
 Броматгидриды карбоновых кислот 1/1004, 1005; 2/887; 3/498
 4-Броманилин 5/115
 Бромантин 2/18
 Бромантрахиноны 1/943, 945
 Бромаргитрит 1/611; 4/635
 Бромометрия 1/614, 615; 2/887, 1224; 3/106; 4/945, 1189
 Броматы 1/611, 613, 614; 2/499
 Бромцетальдегид 4/277
 Бромцетилены 2/550, 551
 Бромацил 1/1032
 Бромбензальацетофенон 1/617
 N-Бромбензанилид 1/488
 3-Бромбензантрон 1/489; 4/75
 Бромбензилцианид 1/615, 497
 Бромбензолы 1/615, 567, 616, 667, 945; 2/110; 3/696, 697; 4/419, 1095; 5/1000
 4-Бромбензо-2,1,3-тиадиазол 1/526
 Бромбутилкаучук 1/646; 3/1244
 4-Бромбутилфосфоний 5/277
 (2-Бромвинил)бензол 1/617
 2-Бромгексановая кислота 3/582
 6-Бромгексилан 1/990
 Бромгексин 3/847, 848
 5-Бромгидантонин 1/1067
 Бромгидрины 2/960; 3/11
 Бром-3-гидроксibenзальдегиды 3/691
 4-Бром-3-гидроксibenзойная кислота 3/693
 4-(4-Бром-2-гидроксиметил-3-бутенил)-1-циклогексанкарбоновая кислота 3/574
 4-Бром-3-гидроксикинофалон 5/536
 α-Бромгидропероксиды 2/135
 Бром-4,4'-дианилинодифенольные эфиры 2/80
 2-Бром-4,6-динитроанилин 3/523
 1-Бром-3,5-дихлорбензол 5/11
 1-Бромдизилсульфон 1/640
 Бромелля 3/388
 Бромеллит 1/539; 2/734
 Брометалин 2/342
 Бромид-броматная смесь 1/615; 3/713, 796, 797
 Бромид-бромометрия 1/615
 Бромиды 1/611–614, 616; 2/1277; 3/166, 530, 774, 776; 5/195. См. также *Галогениды*
 Бромизовал 1/667; 4/743
 α-Бромизовалериановая кислота 1/668
 1-Бромизохинолин 2/398
 Бромил 3/577
 Бромилфторид 1/613
 N-Бромимиды 1/824, 825
 Бромиданы 2/438
 Бромидит 2/441, 442
 Бромидохлорметан 3/569
 Бромирование 1/531, 824, 825; 2/398, 456, 745, 755; 3/384, 519, 714, 739, 740, 814, 1030, 1046, 1054; 4/81, 310, 853, 854, 856; 5/21, 22, 126, 131, 132. См. также *Бромное число*, *Галогенирование*
 Бромистая кислота 1/485, 486, 613
 Бромистоводородная кислота 1/458, 616, 736, 786, 970, 1041; 2/958; 3/576, 1046; 4/334, 543, 1165; 5/200, 705, 961, 974, 1007
 Бромистый водород 1/616, 599, 612, 614, 720, 948, 955, 965, 1084, 1178; 2/129, 147, 312, 432, 439; 3/140, 253, 513, 576, 738; 4/312, 425, 898, 915, 1098, 1204; 5/537, 939
 Бромистый изопропил 1/69
 Бромистый пропиол 1/604
 Бромистый этилен 1/614, 1203
 Бромит-броматный анализ 3/69
 Бромиты 1/611, 613; 3/69
 3-Бромкамфора 2/600, 601; 4/609
 Бромкарбоновые кислоты 1/393; 2/361; 3/253, 373, 582
 бромангидриды 1/1004, 1005; 2/887; 3/498
 эфиры, см. *Бромэфиры*
 α-Бромкетоны 3/11, 814; 5/305
 Бромкрезольные красители 1/1039; 4/936
 4-Бромксантотоксин 2/1087
 Броммалоновая кислота 2/1274
 Броммезитилес 1/909
 Бромметаны 2/10
 Бромметилацетат 5/415
 Бромметилирование 5/567
 1-Бром-N-метил-N-нитрозо-2-нафтиланин 5/200
 2-Бром-3-метилпентановая кислота 2/361
 Бромметилпирроллионин 2/279
 α-Бромметилсульфонильные эфиры 1/602
 Бромметилтрифеноксифосфоран 2/716
 2-Бром-3-метокси-5-метилбензохинон 4/1125
 2-Бромнафталин 5/126
 5-Бромнафталинкарбоновые кислоты 3/373
 5-Бром-1,7-нафтиридин 4/1017
 6-Бром-1,2-нафтохинон 3/390
 Бромная вода 1/504, 612, 614; 2/140; 3/170, 740; 4/469, 910, 915, 973; 5/133, 522
 Бромная кислота 1/613
 Бромнитробензолы 1/616
 2-Бром-2-нитропропан 3/539
 Бромноватая кислота 1/484, 485, 613, 1099; 2/850
 Бромноватистая кислота 1/604, 612; 3/738; 5/570
 Бромное число 1/616, 615
 Бромоводород, см. *Бромистый водород*
 Бромозил 3/577
 трифторид 1/613
 Бромоксенаты 2/1088
 Бромоксенил 1/1027
 Бромолефины 5/398
 Бромомлибдаты 3/247
 Бромомлибденовые кислоты 3/247
 Бромометрия 1/615; 2/1081; 5/133
 Бромониевые соединения 1/959
 Бромнитротриаминиоплатина 2/930
 5-Бром-3-оксо-2-хлоридиол 4/1130
 Бромосеребряная фотобумага 1/624
 Бромформ 1/909, 970, 971; 2/36; 3/631; 4/340, 803; 5/56
 Бромфос 2/470
 2-Бромпентан 4/1143
 2-Бромпентановая кислота 3/582
 Бромпентафторбензол – толуол 3/478
 Бромпиридины 1/261; 3/1045
 Бромпиридиноградная кислота 3/679
 Бромпирагалловый красный 1/617; 5/739
 Бромпропаны 2/368; 5/739
 Бромпропилат 1/107
 N-Бром-2-пропилпирроллионин 3/1081
 Бромпропионовая кислота 1/138, 393; 3/253
 цис-2-Бромстильбен 5/939
 β-Бромстирол 1/617; 2/935, 936
 N-Бромсукцинимид 1/183, 187, 198, 457, 477, 503, 504, 824, 825, 951–953; 2/28, 416, 646, 745, 1087; 3/739, 760, 938; 4/396, 803, 895, 1170; 5/141, 165, 219, 794
 Бромсульфокислоты 1/616
 2-Бромсульфониобутан 2/311
 7-Бромтетрациклин 4/1110
 Бромтимоловый синий 4/936
 2-Бром-1,1,1-трифтор-2-хлорэтан 5/407, 408
 Бромтрихлорметан 1/945, 965; 3/581; 4/1192
 Бромуксусная кислота 3/881; 4/1224; 5/323, 410
 11-Бромундекановая кислота 3/291
 Бромурал 3/281; 4/743; 5/84
 Бромфенололы 5/121
 4-Бром-2-фенил-1,3-индандион 2/439
 Бромфенилметан 4/273
 эритро-2-Бром-1-фенилпропанол 1/951, 952
 Бромфенололы 1/1027
 Бромфеноловые красители 2/448, 449; 4/936
 Бромфенольные смолы 4/1089
 6-Бромфенол 5/147
 Бромфосфораны 5/294
 N-Бромфталмид 1/951, 952
 2-Бромфуран 5/428
 1-Бром-3-хлор-2-аминоаитрахинон 2/440
 3-Бром-1-хлорбутан 1/945
 Бромхлорметан 1/504; 3/113; 5/579
 7-Бром-5-(2-хлорфенил)-1,2-дигидро-3H-1,4-бензодиазепин-2-он 5/115
 Бромхлорфенолового синий 4/936
 Бромциан 1/417, 477, 605, 968, 969; 2/6, 174, 422; 3/133, 470, 502; 4/1164, 1165; 5/149, 150, 428, 450
 Бромциановое расщепление белков 1/477
 л-Бромциклогексаниденон 2/91
 Бромциклогексан 2/913
 β-Бромэтиланин 3/63
 S-(2-Бромэтил)тиофосфаты 4/1164
 Бромэфиры 1/952, 1203; 2/140; 4/512
 Бромэтарная кислота 4/389; 5/1015
 Бронзы 1/617, 344, 345, 618, 1195; 2/320, 321, 948, 957, 1330–1333; 3/8, 9, 86, 95, 758, 759, 777; 4/139, 142, 806, 809, 876; 5/58, 126, 197, 257, 285, 371, 390, 391, 750, 753, 909, 1051
 заменители 3/1221
 как катализаторы 3/734
 окисные 1/618, 332, 671, 673, 813; 3/76, 241, 246, 273, 433, 434, 489
 Бронзол 4/247
 Броихорасширяющие средства 4/774, 861

- Броуновские процессы
динамика 3/214
диффузия 2/195
коагуляция аэрозолей 1/448
- Брошантит 2/1334
- Брутин 4/652
- Брукит 3/1011; 4/1172, 1178
- Брунауэра-Эммета-Теллера теория 1/58
- Брусит 1/1093; 2/1246
- Бруфен 2/342
- Брушин 1/619, 94; 2/460; 4/391, 466
- Брызгальные градири 1/1183
- Брызгоунос 1/851; 3/335-337, 339; 4/986
- Брэггит 3/871, 1128, 1132
- Брюстера метод 1/619; 3/773
- БСК, каучуки 1/635
- БТП, пенопласты 2/619
- Буво реакция 5/224
- Буво-Блана восстановление 1/619, 620
- Бугера-Ламберта закон 1/3
- Бугера-Ламберта-Бера закон 1/4, 408; 4/785, 1033; 5/666, 173, 334, 645
- Буден 1/631
- Будуара реакция 5/44
- Бухарбан 1/620, 327; 4/901
- Букингема потенциал 3/20, 219, 390
- Буксовое масло 3/60; 4/377-380
- Булгаран 4/660
- е-Булгарен 4/659, 660
- Бульбокапшии 5/1052, 1053
- Бульвален 1/620; 4/493, 1215
- Бумага(и) 1/620
- антигептики 5/127
- копировальные 3/131, 132, 160
- крашение 2/989, 121, 775, 990; 3/834, 1009; 5/412, 530
- отбеливание 5/560, 568, 754
- получение 1/337, 621, 644, 716, 1062, 1063, 1111, 1210; 2/29, 225, 284, 586, 602, 606, 731, 802, 989, 1164; 3/324, 472, 742, 1244, 1245; 4/771, 960, 965, 978
- применение 1/622, 941, 1062, 1063; 2/208, 272, 607, 801; 3/131, 132, 160, 802-804, 817-819, 834, 837, 1237, 1245; 4/283, 723, 724, 771, 772. См. также *Бумажная хроматография*
- реактивные индикаторные 4/398, 399; 1/575; 2/1148, 1231; 3/834; 5/829
- теплоустойчивые 4/508
- свойства 1/621, 622; 2/212, 213, 322; 3/282; 4/572
- синтетическая 1/622, 623; 3/436; 4/1; 5/172, 278
- фотографическая 1/624, 502-505, 507, 508, 625; 5/665
- Бумажная хроматография 1/625, 626; 2/294; 3/433, 769, 796, 818; 4/555, 568; 5/284, 366, 621
- Бумажно-слоистые пластики 5/134
- Буметанид 2/180
- Буминафос 2/37, 38
- Бумификация 1/623
- Буна СВ 1/631
- Бунгаротоксины 4/1194, 1195; 5/1035
- Бунзена горелка 1/468
- колбы 5/194
- Бунзена-Роско закон 5/329
- Бунзентит 3/481
- Бункеры
- вibrаторы 1/707
- для дренирования 3/637
- реакторы 1/1107
- Бунте соли 2/171, 178; 4/1134, 1139, 1149, 1150
- Бупиримат 5/418
- Бур 1/191, 337, 338, 573, 575, 578, 581, 582, 586, 587, 972; 2/709, 770; 3/347, 351, 352, 412, 726, 838, 944; 5/901
- Бураты, см. *Грохочение*
- «Бурая соль» 4/564
- Бурбиаль 1/680
- Бурдона манометр 4/1032, 1033
- Бурые железняки 2/254, 269, 270; 3/634
- Буровые растворы 1/1002; 2/227, 585, 1175; 3/719, 1167, 1168; 4/80, 875, 903; 5/204, 205, 248, 669, 949, 951
- Буроугольный воск 1/825-827
- Бурые угли 1/626, 565, 627, 667, 1085-1089; 2/596; 3/1054, 1193; 4/100, 101, 194, 702, 703, 869, 1101; 5/42, 43, 51, 1058
- Буспирон 4/1226
- Бусинеска гипотеза 3/947; 5/30
- Бустерные насосы 3/343, 344
- 1,3-Бутадиен 1/627, 47, 185, 187, 204, 350, 420, 432, 438, 532, 533, 606, 628, 629, 638-640, 644, 650, 651, 714, 724, 788-790, 841-843, 1057, 1186; 2/11, 12, 13, 82, 97, 99, 100, 226, 366, 616, 665, 672, 707, 984; 3/389, 449, 450, 465, 477, 478, 706, 782, 833, 876, 917, 918, 964, 1061, 1064; 4/306, 417-420, 499, 607, 767, 727, 1128, 1158; 5/222, 570, 605, 646, 647, 725, 726, 732, 733, 738, 833, 876, 927, 995. См. также *Дивинил*
- конформеры 2/369, 908; 3/1177, 1178
- меркураты 4/554
- оксиды 1/628; 2/983
- сополимеры 1/14, 15, 117, 235, 310, 572, 625, 629-631, 635, 640, 716, 718-720, 724, 845, 846; 2/87, 92, 284, 516, 631, 705, 706, 837, 921, 1150; 3/71, 110, 116, 123, 257, 327, 661, 917, 1234; 4/589, 739, 869, 1087, 1088; 5/341. См. также *Бутадиен-нитрильные каучуки*, *Бутадиеновые каучуки*, *Бутадиен-стирольные каучуки*
- сульфоксиды 4/927
- тетрабромид 1/628
- тиофен- н фенилзамещенные 4/1217
- Бутадиен-акрилонитрильные каучуки 1/629-631; 3/436
- Бутадиен-метилстирольные эластомеры 4/732, 1088
- Бутадиен-нитрильные каучуки 1/629, 116, 118, 179, 502, 628, 630, 631, 636, 719, 1043, 1045; 2/705, 706, 804; 3/327, 1115, 1243; 4/130, 342, 441-445, 732, 766; 5/52, 134, 571, 799, 960, 993
- Бутадиен-нитрильные латексы 2/996, 1150
- Бутадиеновые каучуки 1/631, 628, 630, 632-635, 637, 645; 2/377; 3/79, 273, 326, 349, 445, 1114, 1243; 4/40, 41, 130, 342, 441, 443-445, 851; 5/52, 565, 571, 730, 799, 993
- Бутадиеновые эластомеры 4/1088
- Бутадиен-стирольные каучуки 1/635, 628, 630, 633, 634, 636, 637, 719, 831, 858, 1045; 2/377, 705, 706; 3/326, 327, 719, 1115; 4/40, 41, 441, 443-445, 661, 732, 869, 870; 5/571, 799, 951, 993
- Бутадиен-стирольные латексы 2/1150, 837; 4/129
- Бутадиен-стирольные термоэластопласты 1/648
- (η-Бутадиен)трикарбонилжелезо 2/97
- Бутадион 1/637, 297, 362, 638; 4/219
- Бутадиолон 1/637, 638
- Бутакирил 1/629
- Бутамид 1/327
- Бутамифос 1/1033
- Бутаналь 1/196; 2/1297, 1298; 5/1004
- Бутан-бутиленовая нефтесекция 3/128
- 1,3-Бутандиол 2/85
- 1,4-Бутандикарбоновая кислота 1/46
- Бутандионовая кислота 1/432
- Бутандиолы 1/638, 643-645; 2/11, 85, 134; 3/291; 4/31, 1088; 5/86, 1058. См. также *Бутиленгликоли*
- 2,3-Бутандион 1/394; 2/85, 233; 4/894
- диоксиды 2/117
- Бутановая кислота 2/643, 1295; 3/148, 149
- Бутанолы, см. *Бутиловые спирты*
- Бутанолдид 1/651; 2/1141, 1142. См. также *γ-Бутиролактон*
- Бутанолизированные лаки 5/134
- 2-Бутанон 2/744; 3/128
- Бутансульфамид 4/897
- 2-Бутансульфиновая кислота 4/915
- Бутантиаль 4/1132
- Бутантиол 4/1136
- 1,2,4-Бутантриол 1/651
- Бутаны 1/638, 628, 639, 650, 833, 909, 913, 914, 927-930, 932; 2/6, 32, 366, 646, 671, 672, 677, 679, 680, 682, 686, 843, 907, 1273, 1274; 3/53, 79, 206, 289, 345, 346, 462, 557, 571, 572, 653, 726, 1001; 4/196, 421; 5/223, 681, 684, 983, 998
- Бутапен 1/639
- Бутары 3/630
- Бутатрисены 2/1102, 1103
- Бутахлоры 1/1029; 5/571, 572
- Бутацит 3/1223, 1224
- Бутвар 3/1223, 1224
- 2-Бутеналь 1/196; 2/1080, 1081
- 2-Бутен-1,4-диол 1/651; 2/1081
- Бутенил 3/574
- 1-Бутенилацетат 2/1298
- 1-Бутен-3-ин 1/713, 714
- 3-Бутенинитрил 1/181; 3/512
- 2-Бутеновая кислота 2/643, 644, 1079, 1080
- Бутенолиды 1/196
- 3-Бутен-2-он 3/109, 110
- Бутены 1/638, 157, 159, 233, 639, 640, 650, 927; 2/671; 3/128, 737, 739, 1063, 1064, 1066; 4/1060. См. также *Бутилены*
- α-изомер 1/628, 638-640, 647, 650, 667, 668, 923; 2/311, 366; 3/110, 1220; 4/23, 81
- β-изомер 1/638-640, 647; 2/311, 366; 3/104, 376, 571, 735; 4/197, 421, 850, 854
- сополимеры 2/922; 3/9, 740; 4/23
- Бутил(ы) 1/154, 838; 2/158; 3/569
- гидроперекиси, см. *трет-Бутилгидроперекись*
- перекиси, см. *трет-Бутилпероксид*
- Бутилакрилаты 1/640, 115, 116, 641, 648, 650, 724, 725; 2/808; 3/683, 1196; 4/22
- трет-Бутиламиноэтилакрилат 1/235
- Бутиламины 1/641, 640, 642; 3/128, 619, 620, 1021; 4/359; 5/420
- 1-(4-Бутиланилино)актрахинон 2/302
- N-Бутиланилины 1/153-155
- 2-трет-Бутилантрагидрохинон 1/780
- Бутилалаты 1/1030; 3/767, 980; 4/1132
- N-Бутилацетанилид 4/494
- Бутилацетаты 1/642, 427, 642, 643, 650, 936, 1202; 3/1059; 4/286
- трет-Бутилацетилден 3/1225
- Бутилбензолы 1/158, 505; 3/292, 936
- N-трет-Бутил-2-бензотриазолилсульфенамид 3/62
- 1-Бутилбензотриазол 4/172
- Бутилбромид 2/811; 5/368
- Бутилвалерат 1/667
- Бутилгалогениды 1/641; 2/811; 3/705; 4/426
- трет-Бутил-4-гидроксианизолы 2/305
- трет-Бутилгидропероксид 1/643, 638, 650; 2/464; 3/69, 977; 4/301; 5/959, 961
- трет-Бутилгидрохинон 3/1088
- трет-Бутилгипохлорит 3/346; 5/141
- Бутилглицидиловые эфиры 5/962
- 5-трет-Бутил-1,3-диметилбензол 3/292
- 4-трет-Бутил-2,6-диметил-3,5-динитроацетофенон 3/292
- 6-трет-Бутил-1,1-диметилиндан 3/292
- 2-(трет-Бутилдиметилсилилокси)-1,3-бутадиедн 4/1160
- 5-трет-Бутил-1,3-диметил-2,4,6-тринитробензол 3/292
- трет-Бутилдиметилфенолы 1/163
- 2-втор-Бутил-4,6-динитрофенилпропилакарбонат 1/107
- 2-(втор-Бутил-4,6-динитрофенил)-3-метилпропанонат 1/107
- 2-трет-Бутил-4,6-динитрофенильный радикал 3/606
- 6-втор-Бутил-2,4-динитрофенол 3/563
- (6-втор-Бутил-2,4-динитрофенол)изопропилакарбонат 3/563
- 4-Бутил-1,2-дифенилпирозолидин-3,5-дион 1/637, 638
- трет-Бутилдифенилсилильная группа 2/326
- Бутиленгликоли 1/643, 424, 430, 628, 644, 645, 651, 652, 1133, 1135; 2/809; 3/1221; 4/54. См. также *Бутандиолы*
- Бутиленоксиды 3/731, 732
- Бутилены 1/157, 638-640, 754, 928; 2/672, 677; 3/449, 727; 5/983. См. также *Бутены*
- Бутилендиамин 1/194
- Бутилэобутиламины 4/872
- Бутилизонаганат 2/401
- Бутилодид 2/811; 3/705; 4/426
- Бутилкальцийоид 2/581
- Бутилкарбитол 2/627
- Бутилкаучук 1/645, 639, 640, 646, 647, 845, 996; 2/375, 673, 699, 1149, 1320; 3/125, 661, 740, 1244; 4/342, 441, 443-445, 734; 5/565, 799, 993
- «Бутилксантогенат» 1/647; 2/1086
- O-трет-Бутилксантогендисульфид 1/647
- Бутиллактат 3/253
- Бутиллигит 1/647, 85, 390, 527, 648, 658, 947; 2/88, 89, 186, 372, 381, 404, 651, 1203; 3/72, 123, 179, 739, 831, 832, 1078; 4/566, 729, 912, 1143, 1157, 1252; 5/311, 373, 429, 635, 711, 785
- Бутилмалоновый эфир 1/637
- Бутилметакрилаты 1/648; 4/21
- 4-втор-Бутил-2-(α-метилбензил)фенол 4/557; 5/656
- трет-Бутилметилсилильная группа 2/326
- 4-трет-Бутил-3-метоксид-2,6-динитротолуол 3/291, 292
- 4-трет-Бутил-3-метокситолуол 3/291
- N-трет-Бутилмочевина 1/642
- 3,7-бис-(трет-Бутил)-1,5-нафтохинон 3/388-390
- Бутилниитрит 3/518, 932
- Бутиловые спирты 1/648, 199, 204, 424, 437, 610, 620, 640, 642, 649, 650, 668, 831, 1101, 1113; 2/2, 92, 550, 677, 989, 1023, 1082, 1295, 1298; 3/35, 282; 4/359, 396, 582, 804, 1257; 5/134, 305, 792, 1006
- втор-изомер 1/648-650, 668; 3/128, 574; 4/854
- n-изомер 1/640, 648-650

- трет-изомер 1/542, 642, 643, 648–650, 668; 2/633, 942; 3/116, 523, 709, 712, 740, 980; 4/32, 801, 802
изостроения 1/648–650; 2/677, 1295, 1298; 3/617, 618, 916; 4/803
- Бутиловые эфиры**
кислота акриловая, см. *Бутилакрилаты*
– капроновая 2/616
– метакриловая, см. *Бутилметакрилаты*
– пропеновая 4/207
– третичные 1/1151; 2/647; 4/513
– уксусная, см. *Бутилацетаты*
- трис*-(3-трет-Бутилдиметилсил- \pm)-камфорато)европей 4/606
- трет-Бутилпероксид 1/650, 956; 2/464, 898; 4/301; 5/56, 225, 993
- трет-Бутилпироксатехины 1/628, 640; 2/93, 94, 375; 3/1057; 4/91, 869; 5/570, 571, 977
- втор-Бутилсерияная кислота 1/650
- Бутилстеарат 1/339; 4/1013
- 2-Бутилсульфат 3/128
- трет-Бутилсульфенил-N,N-диметилдитиокарбамаат 4/494
- 4-Бутил-1,2,4(АН)-триазол 5/419
- Бутилтриметилборат 1/597
- Бутилтрифторсилан 3/801
- трет-Бутилуксусная кислота 1/971
- Бутиленкарбинол 1/390
- Бутиленоло-формальдегидные смолы 5/134
- Бутиленолы 1/156, 163, 164, 651; 3/563, 568, 1088; 5/133, 135, 1001
- N-трет-Бутилформамид 1/642
- Бутилформат 3/289
- Бутилфосфаты 4/1257; 5/254
- Бутилфталат 5/377
- Бутилхлорид 2/811, 942; 3/72; 4/422, 1110
- Бутилцеллозоль 5/659
- трет-Бутиллианид 3/887
- 4-трет-Бутилциклогексан 2/764
- 4-трет-Бутилциклогексанолы 1/651; 2/914; 4/605
- 4-трет-Бутилциклогексанон 4/853
- O-Бутил-S-этил-S-бензилдитиофосфат 5/421
- 4-трет-Бутилциклогексидиоацетат 1/651
- 4-трет-Бутил-1,1-этилендиоксидциклогексан 2/763, 764
- трет-Бутилэтикетон 1/203
- 2-Бутил-2-этил-5-метил-4-гексеналь 2/538
- Бутидиолы 1/651, 430, 644, 975; 4/195; 5/222
- 2-Бутиновая кислота 2/643, 644
- Бутины 1/430, 431; 3/1225
- Бутнобат 5/421, 422
- Бутиральдегид 1/196; 2/1297
- Бутиральдоль 2/1297
- Бутират, метаболизм 3/613, 617, 618
- Бутираты 2/1295, 1296
- S-Бутирилтиохолонинионд 4/1163
- Бутирилхлоридгалогениды 2/1296
- Бутирил-KoA 1/610
- Бутиробетан 1/544; 3/619, 620
- Бутиролактон 2/1137; 3/1039
- γ -Бутиролактон 1/651, 644; 2/1141, 1142, 1274; 3/106, 120, 358; 4/538, 1096, 1098; 5/975, 1058
- Бутрофеноны 3/398
- Бутит 2/1334
- Бутифос 2/53
- Бутлерова
реакция 1/652
теория 3/572, 786; 5/509
- Бутлерова-Львова реакция 5/757
- Буткарбоксым 1/106; 3/703
- n-трет-Бутоксибензальдегид 2/743
- Бутоксиборан 1/582
- Бутоксикарбоксым 3/703
- трет-Бутоксикарбинол 3/569
- трет-Бутоксильные радикалы 4/301
- 1-Бутокси-1-(2-фенилэтокс)этан 1/1063
- 2-Бутоксн-(2-этоксэтил)ацетат 4/494
- Бутопириноксил 4/494
- Бутразол 5/419
- Буфалинолиды 1/1130; 5/1044
- Буфалин 5/1044
- Буфериные растворы 1/652, 139, 653, 1149; 2/571, 743, 1180; 3/625; 4/397, 398; 5/843, 915
- Буфогенины 5/1044
- Буфолы 2/281
- Буфоталин 5/1044
- Буфотенин 1/653, 654; 2/456
- Буфотоксины 3/1075; 5/1044
- Буфуралол 1/49, 59
- Бухерера реакция 1/654, 271, 285, 655, 656, 1067; 2/138, 750; 3/380; 5/141, 197
- Бухерера-Бергса реакция 1/655, 656
- Бухерера-Лепти реакция 1/654; 3/387
- Бухера-Курциуса-Шлоттербека реакция 1/656
- БФГА, реактив 1/507
- Быстрогающаяся извесь 2/350
- Быстродействующий смертельный фактор 5/1055
- Быстрорежущие стали 2/261, 485, 828; 4/808
- Быстрые реакции 4/880, 881; 5/445
и химическая поляризация ядер 5/460
и частицы 2/499, 500, 502, 503, 507, 508, 1212; 3/401; 4/1076
- исследование, метод
импульсный радиолиз 2/430, 503, 552; 4/292, 295, 462
– фотолиз 2/431, 623; 3/141, 143; 4/301, 304, 462
- полярография 4/128
- температурный скачок 4/1031, 1032
- принцип Кёртина-Гаммета 2/739, 127, 740, 914
- Бытовая химия 1/656, 449, 657; 2/237; 3/1167–1169; 4/195, 286; 5/777, 780
- отходы 3/789. См. также *Отходы производства и потребления*
- Бытовые топлива 3/446
- газ 1/1177; 4/194
- кокс и полукокс 2/839; 4/100, 101
- котельные 2/964, 965
- Бьеркманна лигнин 2/1173
- Бьеррума
комплекс 4/406
- радиус 4/374, 375
- соотношение 3/837
- Бэмфорда-Стивенса реакция 1/658; 5/939
- Бэра закон 2/861
- Бюрера вектор 2/51, 52
- Бюхнера воронки 5/194

В

- Вавеллит 5/251
- Вавилова закон 2/1222
- Вагнера реакция 1/659; 3/739, 740
- Вагнера-Меервейна перегруппировки 1/659, 585, 660; 2/206; 3/579, 581; 4/170, 610, 1098
- камфеновые 1/659; 2/599, 600
- пинаколиновая и ретропинаколиновая 3/1023, 939, 1024–1026; 1/659
- Вагонеточные печи 3/999
- Вагранки 2/263
- Вазелиновые масла 1/453, 810; 2/493, 574; 4/558, 721, 1012; 5/778
- Вазелины 1/660, 19; 2/901, 934, 1011; 3/636, 1144
- Вазинин 5/520
- Вазобрис 4/478
- Вазопрессии 1/660, 559, 661, 1171; 3/401, 626, 713
- Вазотоцин 1/660
- Вайберга индексы 3/235
- Вайденхагена реакция 1/498
- Вайсенберга эффект 4/485, 487, 489
- Вайтоны 5/397
- ВАК, клей 2/807
- Вакансин 1/907; 2/1071; 3/164; 4/117, 368, 994; 5/678, 861. См. также *Дефекты в кристаллах*
- Вакуум 1/661; 2/209, 499
- Вакуумные продукты
газоял 1/920, 927, 1108; 2/166–170, 676, 681
- дистилляты 2/1251; 3/443
- масла 1/661
- Вакуум-процессы (методы)
в неорганическом синтезе 3/421
- в пирометаллургии 3/1069, 1070
- газоочистка 1/901, 902
- демономеризация 3/1202
- десублимация 2/892
- дистилляция 3/349
- дуговая плавка 3/249
- испарение 3/334
- металлотермия 3/88
- напыление 3/334, 335, 1104; 2/950; 4/807
- ректификация 3/339
- прессование 4/4
- сепарация 3/93
- сублимация 4/1021
- флотация 5/206
- формование полимеров 3/1249; 4/9, 10, 14, 15
- фотографические 4/626
- Вакуум-устройства
вакуумметры 1/661, 662–664, 686; 2/159, 163, 166–169, 882, 1052, 1053, 1280
- насосы 2/882, 1011, 1309, 1315; 3/339, 343, 344
- печи 3/999
- пневмотранспортные 3/1157
- сушилки 4/964, 965, 967
- фильтры 3/637; 5/187–189, 191, 193, 194
- Вакенродера жидкость 4/657
- Вакер-процесс 3/79
- Вакцины 2/427; 3/1211, 1212
- Валексон 1/497
- Валентинит 4/992
- Валентная зона 4/103, 104, 995, 996, 1075
- Валентная изомерия 2/366; 3/579; 4/992
- Валентность(и) 1/664, 665; 3/204, 413, 785; 5/460, 461, 508, 509
- «блуждающая» 2/873
- главные, см. *Макромолекулы*
- и ковалентная связь 2/832
- и колебания молекул 2/853
- и мессбауэровская спектроскопия 3/67
- и молекулярные модели 3/227
- ионов 5/996
- свободные и химические реакции 3/545. См. также *Макрорадикалы*
- электролитов 5/857
- Валентные молекулярные орбитали 2/794; 3/237
- Валентные углы 1/665; 3/208, 210, 219, 227, 228, 330–334, 390, 580, 600; 5/460, 462, 649, 650
- Валентных связей метод 1/665, 666, 667, 1066; 2/722, 831, 904, 1263; 3/223, 390, 468; 4/447, 790; 5/461
- Валентных схем метод 1/665–667; 2/831
- Валерат, метаболизм 3/613, 617, 618
- Валераты 1/667
- Валериановое масло 2/598
- Валериановые кислоты 1/667, 668; 2/643, 644; 3/614; 4/499, 609, 904
- Валерины 4/609
- δ -Валеролактон 2/1137
- δ -Валеролактон 2/1141, 1142, 1153
- Валидол 1/667; 3/60
- Валиллицинамид 2/414
- Валин 1/668, 134, 135, 249, 415, 472, 482, 743, 1012, 1013; 2/232, 1298; 3/175, 578, 582, 619–621; 4/1075, 1179, 1260; 5/794, 954
- Валниоминин 1/552, 560, 668; 2/34, 522, 523; 3/924, 927; 4/628
- Валиум 4/1224, 1225; 5/520
- Валковские аппараты 1/1188; 2/352, 982, 1130; 3/633; 4/180
- Валлаха перегруппировки 1/669, 84, 272
- Валлезнахотаман 2/457
- Валокордин 1/667
- Валокс 3/1220–1222
- Валоцел 2/633, 634; 3/126, 127, 718
- Вальдена-Писаржевского правило 5/899
- Вальденовское обращение 2/128, 313, 906; 3/133, 186, 187, 268, 350, 602, 1024; 4/858, 859, 867; 5/96, 195, 904, 1015
- Вальпровая кислота 4/241
- Вальтериллацетат 1/669; 2/653
- Вальцевальные аппараты 1/1188; 2/40, 358, 1050; 3/303, 1115; 4/7, 57, 960, 965
- Вамидиотон 2/471
- Ванадатометрия 1/669, 670; 2/1180; 3/796, 797
- Ванадаты 1/670, 618, 671–673, 679; 3/165, 166, 969; 4/359; 5/253
- Ванадиевая коррозия 4/399
- Ванадиевые кислоты 5/366
- соли, см. *Ванадаты*
- Ванадий 1/672, 673–675; 2/1251; 3/871; 4/431; 5/937
- антимониды 1/331
- арсенид 1/384
- бериллид 4/585
- борид 1/583, 584, 673
- бромид 1/677
- галлид 1/673, 935
- галогениды 1/676, 673; 5/712
- германид 1/1037
- гетерополиоксиды 1/1060
- гидриды 1/1081
- гидроксиды 1/677, 678
- интерметаллиды 2/483
- иониды 1/677–679
- карбиды 1/673, 675; 2/260, 624, 625; 3/75; 4/1009
- карборин 2/641
- коррозионная активность 4/399
- нитрид 1/673; 4/1009
- оксиды 1/677, 618, 665, 667, 673, 675, 678, 679, 1055; 2/26, 112, 663, 664, 666, 672, 1092; 3/168, 371, 372, 390, 699, 973, 1019, 1056, 1067; 4/193, 567, 627, 644, 657, 835, 869, 885; 5/223, 333, 378, 795
- определение 1/121, 381, 670, 674, 675, 763; 2/139, 205, 569, 710, 838, 1090, 1104, 1224; 3/169, 272, 703, 969, 1044; 4/397; 5/118, 128, 379
- органические соединения 1/675, 169, 364, 365, 676, 902; 2/203, 984, 1035, 1092; 3/83; 4/54, 1191; 5/992
- получение 1/562, 672, 674; 2/596, 597, 1235; 3/90, 98, 413; 4/559, 561, 712, 1057; 5/298, 789, 923
- примесение 1/675; 3/71, 161, 334; 4/669, 670, 835; 5/712, 730, 920
- свойства 1/673, 674, 1015; 2/671, 672, 1099; 3/74, 93, 955, 958, 1093; 4/574, 584, 723, 813, 1009; 5/49, 455

- силициды 1/673; 4/584, 684, 685
сплавы 1/618, 671, 678; 2/249, 250, 257, 260, 261, 263, 625, 827, 828, 949, 1153, 1241–1243; 3/15, 88, 249, 482–484, 498; 4/984, 1174, 1175, 1180, 1181; 5/619
сульфат 3/796, 797
сульфиды 1/674; 4/585
тиосоли 2/710
токсичность 1/398, 399, 1107, 1108; 2/32, 680, 681; 3/454, 456–458, 849, 1194
феррит 2/483; 5/163
фосфаты 5/249
фосфид 5/256
фториды 1/673, 676, 950; 2/1090
хлориды 1/673, 677; 2/263, 673; 3/439, 552; 5/5, 712, 992
цианиды 5/703
Ванадил 3/79, 577
Ванадинит 1/672
Ванадиюшпикель 5/788
Ванадиты 1/670
Ванадоцеи 1/676; 3/91
Ван Везера теория 5/246, 247
Ван Демерте уравнение 1/919
Ван ден Верга реакция 2/279
Ван дер Ваальса
взаимодействие 3/16, 164, 211, 224–227, 331; 4/994; 5/463
кристаллы 2/1056; 3/226
постоянная 3/1171
радиусы 1/412; 3/227, 228, 331, 1145
уравнение 1/679, 57, 926; 3/16, 261; 4/762; 5/70–72
Вакиаль 1/680
Вакилилами 2/617
Ванилин 1/680, 195, 198, 453, 511, 557, 681, 988; 2/237, 238, 1173–1175; 3/658, 686, 693, 1089; 4/868, 920; 5/386
Ванилиновая кислота 2/1173
Ваницид 5/386
Ван Лаара уравнение 3/828, 829
Ван Ниль уравнение 5/349
Ванные печи 3/999, 1001, 1002
Ван Слайка метод 1/681, 252, 273
Вант Гоффа
заков 4/365, 372, 373, 388; 5/857
принцип 2/1168
уравнение 2/902; 3/827–829
Вантгоффит 3/361
Ван Флека парамагнетизм 3/882
Ваниц 4/225, 226
Вар 3/894
Варбурга импеданс 2/429; 5/919
Варбургаль 1/342
Вариабельные петли 2/423–425; 4/1238, 1239
Вариантность системы 5/98–100
Вариационный метод 1/681, 666, 682; 2/721, 723, 726, 904; 3/233, 234, 468; 5/875
Вариационный принцип 1/681
Варисцит 2/118
Варка
«сернистая» 4/1117
стекла 3/1000; 4/709
целлюлозы, см. Целлюлоза
Варфарин 2/342
Васка комплекс 2/537
ВАСК-уравнение состояния 5/71
Вассермана реакция 2/188, 876
Вата 2/327
медицинская 1/733
минеральная 2/733; 4/1041, 1042
Ваулик 5/49
Вазсит 3/486
Веатхия 2/171, 172
ВВ и ВВВ, волокна 5/22
Вебера число 3/1183
Вегарда правило 4/1006
Ведрил 4/22
Везикулы
в фотографии 4/501, 507, 509; 5/245
липиды 2/1199, 1200
Вейбулла модуль 2/903
Вейса постоянная 2/1238
Векное равновесие радиоактивного ряда 4/322, 325
Векстра 3/1213
Вектор(ы)
Бюржера 2/51, 52
директор 2/289
межатомные рассеяния излучений 2/191
обратной решетки 2/189
Векшинского метод 3/255
Велака 4/90
Велера реакция 1/682, 683
Велосиметрическая дефектоскопия 2/49
Велосит 2/463
Велпар 1/1033
Вельц-процесс 3/1069; 5/749
Велюровое никелирование 1/975
Вендкс 1/108
«Венерины волосы» 4/567
Венкера реакция 5/989
Вентиляторы 2/881, 880, 882; 1/1183, 1184; 3/340, 853, 1190; 4/954, 959–962
Вентури
скрубберы 1/899, 906, 907; 2/613; 5/24, 25
сопла 2/1281
трубы 4/384
Вепсин 5/421
Верапамил 1/683, 320; 4/773
Вератровая кислота 2/171; 5/17
Вератровый альдегид 3/880
β-Вератроилпропионовая кислота 5/793
Вератрол 1/988; 3/1057; 5/1008
Вербанол 4/588
Вербенное масло 1/683
Вербеиол и вербеион 1/683; 3/60, 1027; 4/588
Вербоксид 1/683
Вердазилий-катион 1/684
Вердазилиевые радикалы 1/683, 562, 684; 4/302; 5/219
Верде
постоянные 5/107, 108
уравнение 5/546
Верел 3/192
Веретинные масла 2/463, 1243; 4/1115, 1116
Веркблен 4/183, 184
Вермикулит 2/1233; 3/992; 4/724, 1007, 1041
Вермокс 4/225, 226
Вериальдегид 3/178
Верия 1/1030
Верисья метод 1/214, 1184; 2/223; 3/256; 4/879; 5/164
Вернера
перегруппировка 1/469
периодическая система элементов 3/956–958
теория 2/778
Вернолат 1/1030; 4/1132
Верографи 4/477, 478
Веронал 3/281; 4/742
Верофиксы 1/129
Верошпирон 4/800
Вероятностный множитель 4/871
Вероятность
доверительная измерений 3/136–139, 638, 639; 4/181, 182
квантовых переходов 2/124, 125, 726–728
состояния системы 5/957
термодинамическая 5/499
тунелирования 5/27
эффекта Мёссбауэра 3/65
Версал 3/292, 293
Версалоны 3/741, 742
Версамиды 3/741, 742
Вертекс 1/650
Вертикальные потенциалы ионизации 4/151, 152
Верховой горф 1/827; 4/1222
«Веселящий газ» (гемииоксид азота) 1/94–96, 1070, 1094; 2/221, 561, 566, 610; 4/196, 477, 812
Весовой анализ, см. Весовые методы, Гравиметрия
Весовые дозаторы 2/218, 219
Весовые коэффициенты 2/749
Весовые методы, см. также Весы, Взвешивание, Гравиметрия
дозирование 2/218, 219
определения адсорбции 1/54
– давления пара, см. Тензиметрия
Вестадур В 3/1220–1222
Вестамид 3/1210
Вестан 3/1139; 4/90
Вестеамеры 5/731
Вестерберга реакция 1/684, 685
Вестрион 4/39, 40
Вестолон 3/1139
Вестолит 1/725; 3/1232–1235
Вестона элемент(ы) 1/223; 2/553, 557; 3/582, 583; 4/549; 5/917
Вестфаль весы 3/1148
Весы 1/685, 686–697; 3/144. См. также Взвешивание
Вестфаль 3/1148
газовые 3/217
кольцевые 2/1282
крутильные 1/685, 687, 688, 693, 694
Ленгмюра 3/260
магнитные 2/1238
Мак-Бена 3/217
Мартин 3/217
микрохимические 1/687, 688; 4/158
Мора 3/1148
Мора-Вестфаль 3/1148
плёночные 3/260
Прегля 4/158
пробирные 1/686
термические 1/1182
технологические 1/686, 694–697, 693
токовые 1/685, 695, 696
электронные 1/685, 687–690, 692–697, 700, 701
Ветиверилатат 1/697
Ветиверкетон 1/697
Ветиверовое масло 1/545, 697; 5/1003, 1004
Ветиверол 5/1004
Ветиван 5/1004
Ветиниллатат 1/697, 698
Ветинилпропионат 1/697, 698
Ветикол 1/697
Ветинион 1/697, 698; 2/237
Вечный двигатель 1/839; 3/935
Вещественный анализ 5/104, 105
Вещество(а) 1/698
биогенное 1/553
в алхимии 1/189–191
взрывчатые, см. Взрывчатые вещества
живое 1/553, 554, 1019; 2/963; 3/161
индикаторное 2/756, 757
интегральные молекулярные признаки 3/231
ключевые 4/718
космического происхождения 1/554
названия, см. Номенклатура
метаболизм, см. Обмен веществ
«наследственности», см. ДНК, Нуклеиновые кислоты
отравляющие, см. Отравляющие вещества
постоянство состава, закон 4/150; 3/413
природные 3/784
простые 1/698; 3/575, 577; 4/23, 102; 5/936, 954
радиоактивное 1/554
синтетические 3/784
сложные 1/698
состояния, см. Агрегатные состояния
стандартные образцы 4/819
термодинамически подобные 4/763
фрагментация, направления 2/1316
чистота абсолютная 3/835
– высокая и ультравысокая 3/834, 835
– особая, см. Особо чистые вещества
– суммарная 3/834
– «ядерная» 3/414
ВЖК, см. Высшие жирные кислоты
Взаимные процессы
диффузия 2/196–199, 478, 1072, 1074
растворение 5/604
Взаимодействие гем – гем, см. Гемоглобин
Взаимопроникающие полимерные сетки 4/53, 57, 661
«Взвешенный слой» 4/259
Взвешивание 1/698, 701. См. также Весы
двойное 1/700
компрессионное 1/685
наибольший предел 1/686
простое 1/699
прямое 1/685
точное 1/700
Взрыв(ы) 1/701, 702, 703, 715; 2/1164. См. также Взрывные процессы, Взрывоопасность, Взрывчатые вещества
аднабатический 3/954
брызновое и фугасное действия 1/607, 705
вырожденный цепной 5/691
давление и категория помещения 3/1187
и горение 2/466
и ультразвук 5/60
как метод нанесения покрытий 2/950
как окисление горючей смеси 1/608
процессы, см. Взрывные процессы
тепловой 1/828; 5/689
термоядерные 4/318; 5/3, 802, 1018, 1019
ударные волны 5/52, 53; 2/46, 47, 146, 466, 623; 3/146, 429
Взрывная волна 1/702
Взрывные процессы 2/119, 630, 652, 767, 769, 796, 1108, 1277; 3/348, 517, 518, 648; 5/12. См. также Взрывы
твердофазные 4/252, 414
формы, детонация 2/46, 47
фотолинографические 5/334
электронная эмиссия 3/97
Взрывозащита, устройства 1/704, 705
Взрывоопасная среда 1/703
Взрывоопасность 1/703; 2/47. См. также Взрывы, Взрывчатые вещества
и пожароопасность 3/1187–1191
и сигнализаторы горючих газов 4/666
и флегматизация 3/1191
и категорирование объектов 3/1189
Взрывчатые вещества 1/705; 2/1088; 3/319, 324; 3/505–507, 519, 558, 1020, 1228; 5/117, 514. См. также Взрывы, Взрывоопасность
антритриггунные 1/706
брызновое, см. Брызновое взрывчатое вещество
вторичные 1/607, 608, 705; 2/466, 467
дробящие 1/607, 608
индивидуальные 1/607, 705, 706

- иницирующие, см. *Иницирующие взрывчатые вещества*
 металлы 1/705, 706; 2/934
 первичные 1/705; 2/466, 467
 пластификаторы 3/683
 пороха 4/134, 135, 136; 1/705
 предохранительные 4/157, 158, 731; 1/281, 706
 распад, механическая активация 3/146
 самовоспламенение 1/829
 селективно-детонирующие 1/706; 4/162
 смесевые 4/730, 731; 1/608; 3/360, 988, 1020
 температура вспышки 1/838
 термостойкие 4/1082, 1254; 1/608, 706, 1000
- Виадрил Г 4/812
- Вибрационная техника 1/706; 2/490, 1307; 3/144; 5/715, 824, 831
 веса 1/685, 696, 697
 грануляторы 1/1187
 грохоты 1/1205–1207
 и материалы 2/328, 708; 4/137, 138
 и методы (процессы), вискозиметрия 1/729
 —, дилатансия 2/112
 —, коагуляция 2/816
 —, прессование 2/736
 —, псевдооживление 4/259, 963
 —, реология 4/487, 490, 491
 измельчители 1/707, 708; 2/146, 339, 353, 354; 4/139
 мешалки 3/943
 питатели 3/1083, 1085, 1086
 плотнотомы 3/1151
 сепараторы 3/633, 636
 сушилки 4/963
 уровнемеры 5/88
 центрифуги 5/675, 676
- Вибронное взаимодействие 5/28, 880
- Виванит 2/266; 5/281
- Ви-газ 3/842–844, 846; 5/981, 982, 1045. См. также *О-Этил-S-β-ди-изопропиламиноэтилметилфосфонат*
- Видарабин 4/218
- Видемана–Франца закон 3/97, 98
- Видлон 3/1201
- Видоспецифические белки, см. *Интерфероны*
- Вика метод 4/1053, 1054
- Викалин 1/557
- Викаллой 2/828, 1242
- Викасол 1/322, 749, 750
- Викелевка 4/15
- Виккерса метод 4/998
- «Вихор», стекло 2/1028
- Викрил 3/1241
- Викрон 4/90
- Викспан 4/49, 50
- Виктрекс 4/43
- Виллемент 4/977
- Виллемит 5/746, 749
- Вильгельми метод 3/1171
 уравнение 5/509
- Вильгердта реакция 1/708
- Вильгердта–Киндлера реакция 1/708, 709
- Вильсмайера реакция 1/709; 2/419; 5/223, 224
- Вильсмайера–Хаака реакция 1/709, 710
- Вильямсона синтез 1/710, 170, 711; 3/817; 5/1008
- Вильсона камера 2/505
 уравнения 5/71
- Вина эффект 2/8; 3/182; 5/900
- Винбластин 4/236
- Винил, заместитель 3/569
- Винил- и дивинилацетиленовые лаки 1/711, 712, 714
 α-Винилазиды 1/77
 Винилазолы 1/712, 713
 Винилалкиловые эфиры 1/723; 2/697; 3/832
 Винилаллиловые эфиры 2/786
 α-Винилаллиномасляная кислота 1/711
 Виниламины 2/516; 4/500; 5/974
 Винилацетат 1/713, 199, 420, 427, 717, 718; 2/665, 806, 807, 1150; 3/54, 79, 84, 351, 875, 1223; 4/265, 304, 418, 581, 693, 734; 5/56, 57, 982
 сополимеры 1/114, 118, 716, 724, 725, 788, 789; 2/103, 808, 809, 997, 1080; 3/110, 114, 278, 905, 907, 991, 1013, 1136–1139, 1197, 1199, 1227, 1234, 1236, 1237; 4/175, 306, 590, 764, 765; 5/983
 Винилацетилен 1/713, 430, 711; 2/36, 85, 100, 245; 3/110, 1043; 5/96, 570
 N-Винилбензимидазол 1/712, 713
 Винилбензол 4/868–870
 3-Винилбензотиофен 2/90
 N-Винилбензотриазол 1/712
 Винилбораны 1/596
 Винилборная кислота 1/594
 Винилбромид 1/717, 718; 5/195
 Винилбутатриены 2/1103
 Винилбутиловый эфир 1/118, 717, 718, 1063; 4/765
 Винилбутират 1/717, 718
 N-Винилбутиролактам 1/721
 Винилгидриды 1/150, 360; 2/14
 цис-Винилгидриды 5/441
 Винилкарбонат 2/638, 639
 Виниллиденвые комплексы переходных металлов 3/825
 Винилиденфторид 1/714, 995, 1045; 2/1150; 4/285; 5/389, 397, 402–404
 Винилиденхлорид 1/715, 80, 723, 724, 948; 2/14, 837; 3/10; 4/304, 1106; 5/12
 сополимеры 1/715, 114, 625, 716, 717, 724, 725; 2/544, 1150; 3/114, 192, 262, 263, 646, 905, 991, 1136–1139; 4/445, 590, 765, 1013; 5/233, 234
 — латексы 2/1150
 Винилизобутиловый эфир 1/717, 718
 N-Винилимидазол 1/712
 Винилин 3/1227
 N-Винилиндазол 1/712
 Винилирование 1/149, 717; 2/889; 3/876; 4/500, 581
 Винилирт 3/1223, 1224
 N-Винилкарбазол 2/618, 619; 3/1226; 4/508, 509
 Винилкетоны 2/245; 4/718; 5/95
 Винилидитий 1/150
 Винилимагнийгалогениды 1/150
 Винилметилкетон 2/85, 456
 Винилметилловый эфир 1/717, 718; 3/1227
 5-Винил-2-метилпиридин 5/447
 1-Винилнафталин 4/418
 Виниловые соединения
 комплексы переходных металлов 1/433; 3/1131
 мономеры 1/716; 2/432
 олимеры 2/411
 спирты 1/717, 718; 5/96
 эфиры 1/716, 429, 430, 494, 508, 710, 1040, 1134; 2/325, 403, 648, 697, 1266; 3/289, 1239; 4/1027; 5/1007
 — кислот(ы) α-галогенкарбонных 4/513
 — β-гидроксикарбонных 4/513
 — кроновой 2/1080
 — уксусной, см. *Винилацетат*
 — определение 4/549
 — простые 3/1226, 1230
 — сложные 3/1227; 5/1011
 — сополимеры 1/721
 — фосфорсодержащие 3/966, 967
 Винилология 1/718, 182, 1163
 5-Винил-1,3-оксазолидин-2-тион 4/652, 653
 3-Винил-4-пиперидинуксусная кислота 5/522
 N-Винилиразол 1/712
 Винилпиридиновые каучуки 1/718, 719, 720, 847; 3/111, 1229
 Винилпиридины 1/720, 311, 721; 3/54, 110, 1019, 1197, 1199, 1228, 1229; 4/418; 5/122
 сополимеры 1/118, 718, 719, 790; 2/427, 520, 1150; 3/1229
 1-Винил-2-пирролидон 1/721; 2/1082; 3/1080, 1227, 1230
 N-Винил-α-пирролидон 1/721; 3/1227, 1230; 5/975, 976
 Винилпропионат 1/717, 718; 3/1227
 Винилстеарат 1/717; 3/1227
 Винилсульфиды 2/93, 94; 4/500, 913
 Винилсульфон(ы) 1/128–130; 2/94
 Винилсульфонные красители 1/128, 129; 3/998
 2-Винилтетрагидропиримидин 4/225, 226
 N-Винилтиопирролидон 1/721
 Винилтолуолы 3/121, 122; 4/91
 Винилтрихлорсилан 2/1032; 3/799
 Винилтриэтоксисилан 1/171
 Винилуксусная кислота 1/181; 2/417
 Винил-3-фенил-1,2,4-оксадиазолы 3/674
 Винилфенолы 5/135
 Винилфосфаты 1/361; 5/255, 266
 Винилфосфиты 5/267
 Винилфосфонат 3/672; 5/13
 Винилфталмид 1/721
 Винилфторид 1/722, 948
 Винилхлорид 1/115; 3/1227
 Винилхлорид 1/722, 80, 429, 723, 946, 948, 990; 2/14, 204, 533, 1266; 3/10, 127, 407, 450, 740, 1100, 1232, 1233, 1266; 4/306, 308, 343, 757, 1111; 5/12, 13, 777, 973, 982
 как канцероген 2/606
 лаки 1/72
 определение 1/887
 сополимеры 1/724, 117, 118, 438, 625, 713, 716, 717, 721, 725; 2/808, 997, 1150, 1228; 3/113, 114, 192, 257, 262, 263, 646, 905, 917, 991, 1013, 1140, 1196, 1227, 1230, 1236; 4/445, 590, 764, 765, 840, 850, 870, 1013; 5/233–235
 — латексы 2/1150
 Винилхлорофиллы 5/573
 Винилхлорсилан 3/801
 Винилцетиловый эфир 1/717, 718
 Винилицианид 1/117
 4-Винилциклогексан 2/99; 4/869; 5/963
 4-Винил-1-циклогексен 1/628
 Винилциклопропаны 5/443
 Винилэтиловый эфир 1/717, 718; 4/418; 5/995
 Винилэтилдиметилкарбинол 4/192
 Винипласт 3/1234; 4/1054
 Винипол 1/286; 2/310
 Винистрол 1/290, 291
 Винифос 5/306
 Виникамин 2/459, 460
 Виникаминовая кислота 4/774
 Винкатины 2/458, 459
 Винклера газогенераторы 1/879
 Винклозолин 5/420
 Винкозан 2/457
 Винкозид 2/457, 458
 Винкрестин 2/605, 606; 4/236
 Виннокаменная кислота 1/726
 Виннол 1/725; 3/1232–1235
 Виноградная кислота 1/725–727; 2/365; 4/391; 5/1015
- Винные кислоты 1/725, 195, 199, 726, 727; 2/292, 365, 452, 1211, 1272, 1273, 1294; 3/572, 785, 1089; 4/299, 397, 943, 1174, 1220; 5/130, 160, 456, 952, 957, 1015, 1058
 D-изомер 1/391, 392, 726; 3/570, 741; 4/397
 D, L-изомер 1/726; 4/391. См. также *Виноградная кислота*
 — K-соль, см. *Винный камень*
 L-изомер 1/726, 727; 3/570
 рацемат, см. *Виноградная кислота*
 тарtrate 1/726
 Винный камень 1/726; 3/785
 Винный спирт 1/191; 3/120; 5/994.
 См. также *Этиловый спирт*
 Винпоэтин 3/578
 Винтовые дислокации 2/51, 52
 Винтовые устройства
 компрессоры 2/883–886
 насосы 3/342–344
 питатели 3/1083, 1085
 сепараторы 3/631, 632, 636; 5/206
 Винце 1/732
 Винон 3/1236
 Винон 3/174
 Виолантрон 1/489; 2/86, 978, 979; 4/74, 75
 Виологены 2/142
 Виолоксантин 2/656–658
 Виолуровая кислота 1/455
 Виомицин 3/924, 926, 927
 Виоспит 4/230
 Виоформ 4/230
 Виплавил 1/725
 Вириальное уравнение 1/727, 679, 926; 4/828; 5/69, 70
 Вириальные коэффициенты 1/727
 Вириоминные кислоты 5/412
 Вирирующие составы 2/555, 556; 5/455, 456
 Виртуальные молекулярные орбитали 2/865; 3/233, 783
 Виртуальные фазы 5/105
 Вирусы 2/1064; 3/149–152, 211, 212
 белки 4/218
 геномы 1/470
 ДНК- и РНК-содержащие 2/1324; 3/587, 588, 594, 719
 мембраны, см. *Биомембраны*
 нуклеокапсиды 3/599
 нуклеопротеиды 3/599
 СПИДа 3/1242
 Висбрекинг 1/727, 728; 2/169, 1005; 3/441, 444, 1058, 1061; 4/1059, 1060
 Вискеи 3/1026
 Вискерсы 3/499–501
 Вискоза 1/730, 731; 4/654, 888, 904; 5/389, 660, 754
 Вискозиметрия 1/728, 729, 730, 873; 2/291, 384, 860; 3/1123; 4/449; 5/899
 Вискозно-лавсановая ткань 2/324
 Вискозные волокна 1/730, 731, 733, 802–807, 1078; 2/1086; 3/262, 435, 436; 4/93, 1012, 1130; 5/232–236, 389, 664, 665. См. также *Вискоза*
 крашение 1/732; 2/993, 1093; 4/649; 5/382
 мерсеризация 3/64
 набивка 3/997
 формирование 2/993
 Вискотоксин 5/1051
 Висмут 1/733, 768; 3/89, 90; 4/431, 1005; 5/895, 920, 936, 937
 амальгамы 1/222, 223; 4/552
 бромиды 1/737, 1084; 2/179
 галогениды 1/736, 734, 735, 737
 германат 1/137, 138, 1035
 гидроксид 1/736, 738
 гидроксоли 1/734–736, 870
 интерметаллиды 2/1201; 3/348; 4/556, 593
 иодиды 1/736, 737

- как полуметалл 4/102
карбид 2/384
карбонат 1/736
молибдаты 1/1057; 2/13, 665, 672; 3/516
молибдид 4/197
никелид 4/584
нитраты 1/734, 737, 738, 870
оксиды 1/737, 581, 734, 736, 738, 1122; 2/663; 4/359, 564, 584–587, 835, 869; 5/862
определение 1/336, 736, 739, 940; 2/84, 177, 451, 709, 822, 1090, 1219, 1230; 3/62, 63, 1044, 1058; 4/555, 1142, 1165, 1221; 5/128, 149, 431, 637, 837
органические соединения 1/739, 336, 337, 740, 958; 2/174, 409, 1104; 3/81, 765
перхлораты 1/734; 3/990; 4/97
получение 1/735, 736, 977; 2/1043; 3/412; 4/561, 591, 593; 5/205, 222, 651, 854, 923
применение 1/736; 2/51, 801, 1227; 3/87; 4/508, 835
самородный 1/733
свойства 1/733–735, 1092, 1215; 2/282, 334, 384, 667, 672, 788; 3/126, 432, 955, 958; 4/322–324, 584, 723, 813; 5/656, 929
селениды 1/734, 735; 4/617–619
силикаты 1/734, 736; 4/682
силикоксиленид 1/734, 738
сплавы 1/736; 2/801; 3/753; 4/115, 601, 809; 5/897, 898
сульфаты 1/734
сульфиды 1/738, 734–736, 739; 2/709; 4/630, 637
теллуриды 1/734, 735; 3/165; 4/1018, 1023, 1024
титанаты 2/1072; 4/1176, 1183, 1184
феррит 5/163
фосфаты 1/736; 5/247, 249, 284
фториды 1/736, 737, 740
хлориды 1/735–737, 740; 2/179; 3/89, 90, 761; 5/552
хромат 1/736; 5/630, 631
Висмутиды 1/734, 735; 4/102
Висмутид, соли 1/734
Висмутин 1/733, 738
Висмутиды 1/739
Висмутистое золото 2/334
Висмутиды 1/739; 4/1021
Висмутоний, соли 1/739, 74
Висталон 5/993
Вистанексы 3/1243, 1244
Висциновое масло 4/1115
Витавакс 4/247
Витализм 1/558; 3/281
Виталлиум 2/828
Витамеры 1/741–743, 752
Витаминоподобные вещества 1/750
Витамины 1/750, 558, 751, 752; 2/658; 3/156, 612; 4/613, 630, 634
антиоксиданты 1/334; 2/91
витамеры 1/741–743, 752
водорастворимые 1/750
группы, А 1/740, 741, 750–752; 2/116, 303, 308, 517, 533, 657, 972; 3/110, 285, 1242; 4/381, 511, 744; 5/774, 1000, 1059
–, – А₁ 1/740, 741; 2/378. См. также *Ретинол*
–, – А₂ 1/740, 741
–, – В 1/750, 751; 2/232, 233
–, – В₁ 1/85, 440; 2/1274; 3/470, 1051; 5/708. См. также *Тиамин*
–, – В₂ 9/75; 3/156, 470, 786, 877–880; 4/270. См. также *Рибофлавин*
–, – В₃, см. *Пантотеновая кислота*
–, – В₃ 2/1298
–, – В₆ 1/741, 742, 751, 752; 2/967, 969, 1274; 3/679, 710, 786, 937; 4/430, 524; 5/2, 767, 1059
–, – В₉ 5/214–216
–, – В₁₂ 1/742, 39, 85, 552, 609, 610, 743, 744, 750–752; 2/22, 365, 412, 822, 830, 874, 943, 945, 946, 968, 975, 1326; 3/156, 161, 790, 794, 864, 1079; 4/519; 5/441, 591
–, – В₁₃ 3/812
–, – В₁₅ 1/750; 3/877
–, – В₁₆ 2/654, 655
–, – В₁₇ 4/270; 5/214. См. также *Фолицин*
–, – С 1/744, 745, 750–752; 3/786; 4/769. См. также *Аскорбиновая кислота*
–, – D 1/745, 746–748, 750–752; 2/232, 303, 308; 3/627, 883, 884, 1242; 4/381, 382, 860, 861, 865; 5/358
–, – D₂ 1/745–747; 2/342
–, – D₃ 1/183, 952; 5/589, 590
–, – E 1/748, 749–752; 2/116, 303, 606, 786; 4/258, 311, 381, 744; 5/143, 1000
–, – H, см. *Биотин*
–, – K 1/749, 322, 750, 751; 2/111, 303, 972; 3/200, 786; 4/249, 381, 744; 5/126, 535, 1000
–, – K₁ 1/749, 750; 2/342; 5/535
–, – K₂ 1/749, 750
–, – K₃ 1/322, 533, 749; 3/117, 390; 5/535
–, – K₄ 1/750
–, – K₅ 1/750
–, – K₆ 1/750
–, – K₇ 1/750
–, – P 1/519, 556, 557; 2/973; 5/143, 203
–, – PP 1/751. См. также *Ниацин*
–, – U 3/133, 134
жирорастворимые 1/740, 741, 745–748, 750–752
как искусственная пища 2/539
как красители 2/972, 973, 975
как факторы роста бактерий 2/1192, 1193
коферментные формы 1/742, 743, 749–752; 2/967; 3/156
нормы потребления 1/751
определение 2/293, 1219
растительных масел 4/378, 381, 382
Витерит 1/460
Витер 2/596
Витта теория 5/651
Виттинит 1/1086; 2/596; 4/579
Виттига
перегруппировка 5/905
реактивы 5/258, 259, 606
реакция 1/752, 313, 198, 753; 2/246, 410, 416, 621, 647, 717, 746, 1103, 1158; 3/396, 397, 540, 739, 765, 790, 1243; 4/713; 5/258, 311, 606, 783, 790
Виттига–Хорнера реакция 5/606, 607
Витур 5/87
Вихревые процессы 2/48; 3/1213
Вихревые устройства
мельницы 4/139
насосы 3/341, 342
плёночные 3/1143
плёноководители 4/282
расходомеры 4/383, 385–387
сушилки 4/962
холодильная труба 5/604
Вихтерле реакция 1/312
Внц... 1/753
Видциальные соединения 1/361, 753, 955, 1133, 1134; 2/1248, 1250, 1251; 2/14, 129, 174, 175; 3/103, 531, 539, 541, 552, 738, 739, 1025, 1026; 5/402
Вишневый клей 2/799
Ви-экс 2/9; 5/981, 982. См. также *О-Этил-S-β-диэтилопропиламиноэтилметилфосфонат*
Включения соединения 1/758; 3/482; 5/43. См. также *Внедрения реакции*, *Клатраты*
благоприятных газов 1/363, 568, 569; 2/1037, 1088; 4/339
графитовые, см. *Графита соединения*
интеркалаты 2/477, 798; 3/96, 250, 295, 394, 395; 4/584, 791, 793, 1024
карбиды 4/858
молекулярные комплексы 1/1193
«остаточные» 1/1194
с крахмалом 2/988
с мочевиной 3/280
Вкрапленные руды 4/559
Вкусовые добавки 2/539; 3/156, 1090
Влагомеры и гигрометры 1/753, 754–756; 4/539
Влагопроницаемость полимеров 1/757, 630; 2/708; 3/1136, 1269
Влагосодержание 1/757, 905, 906; 5/196. См. также *Влажность*, *Сушка*
«Влажное сжигание» органических веществ 3/987
Влажность 1/757
газов, см. *Газов увлажнение*, *Росы точка*
и атмосферная коррозия 1/401; 2/321
и удаление влаги, см. *Сушка*
измерения 1/108, 109; 2/209, 210. См. также *Влагомеры и гигрометры*
индикаторы 2/823, 824
критическая 2/321
почв 2/348
цис-, транс-Влияние, см. *Лигандов взаимное влияние*
ВМН, волокно 5/49
Внедоменная металлургия 2/258
Внедрения реакции 1/758, 963, 993; 2/75, 276, 374, 874, 933; 3/475, 761, 763, 825, 873, 1130; 4/177, 416, 554, 976, 1185; 5/740. См. также *Включения соединения*, *Внедрения соединения*
Вольфа перегруппировка 1/810, 758, 811
замещение 2/651
интеркаляция 2/477
карбоксилирование 2/632, 633, 640
карбонизация 2/640
Куриуса 2/1106; 1/758
металлокомплексный катализ 3/77–80
обратимые 2/477
озонирование 3/660
полимеризация 3/80
Внедрения соединения 3/433, 490, 491; 4/814, 980, 1173. См. также *Включения соединения*, *Внедрения реакции*
твердые растворы 2/255; 4/980, 994, 1006, 1009, 1076, 1077
фазы 2/485; 3/75, 76; 4/107
Внеконкурентные ингибиторы 2/433
Внехромосомные ДНК, см. *Плазмиды*
Внешнесферная хроматография 2/1171
Внешние и внутренние индикаторы 2/446
Внешний и внутренний стандарты, методы анализа 4/472, 476
Внивлон 1/805
ВНТ, фенол 2/91
Внутреннее азотирование 1/908
Внутреннее вращение молекул 1/758, 759–761; 3/392
и их гибкость 2/1264, 1265
– конформации 1/758–761; 2/369, 907, 908; 3/205
и тополимеризация 4/1215, 1216
полимеров 2/1263, 1264
с изомеризацией, см. *Псевдообращение*
Внутреннее окисление сплавов 1/908
Внутреннее трение 1/873; 4/136, 137, 1247
Внутренние соединения
комплексные 1/505, 594; 2/923, 924; 5/440. См. также *Хелаты*
соли 1/1149; 2/72; 3/951; 4/745; 5/276–278
эфир 2/1141–1144; 4/930
Внутренняя энергия 1/761, 762; 4/825, 1029, 1030; 5/100
баланс, см. *Первое начало термодинамики*
и гибкость макромолекул 2/1264, 1265
и объем системы 4/1071
и принцип равновесия Гиббса 4/1073
и теплоемкость 4/1038
и химический потенциал 5/498, 499
и химическое сродство 5/505
и энтропия 4/1071; 5/955
как термодинамический потенциал 1/762; 4/1071
калорическое уравнение состояния 5/69
молекул, см. *Молекулы*
Внутримолекулярные изомеразы 2/364, 365
Внутримолекулярные реакции 1/464, 521, 860; 2/117, 461, 462; 5/338, 356, 360
алкиламинирование 5/778
С-алкилирование 3/554
амидирование 1/278
аммонолиз 5/1010
амидирование 5/537, 713
Бартона 1/464; 3/535
водородная связь 1/781, 783, 784; 2/644
дегидратация 2/11, 629; 3/187
Дикмана 2/110, 111, 785
двумерная стереохимия 2/128
диспропорционирование 2/604; 3/542; 5/712
«домно»-дневной синтез 2/101
енолизация 2/105
замещение 3/555; 5/274, 275
– аллильное 1/182
– селективность 1/604
изомеризация 1/2, 3; 2/369, 925; 4/991; 5/274, 275
изотопный обмен 2/810, 811, 930
иминирование 5/241
Кавинццо 2/104, 742
конденсация, см. *Конденсация (реакции)*
Манниха 3/1022
Михаэля 3/181
модифицирование полимеров 3/202
невалентные 3/390
нитрозирование 1/464; 3/535
нуклеофильные 2/628; 3/555; 5/274, 275
обменные 2/932
окислительно-восстановительные 1/1025; 2/537, 604; 3/664; 5/241
перегруппировка(и) 1/543; 2/21, 36, 369, 621, 622; 3/938; 5/27
– бензидиновая 1/490, 491
– бензиловая 1/494, 495
– Клайзена 2/786, 787
– Ортона 3/815
– полиопные 4/46
– сигматропные 4/664, 665; 2/628, 787
– Смайла 4/728, 729, 933
– фосфонат-фосфатная 5/274, 275

- Шенберга 4/1152
перезертификация 2/304
перциклические 2/787
пирамидальная инверсия 3/1036, 1037
присоединение 4/314; 5/943
протонирование 4/244
радикальные 1/464; 2/810, 811; 4/313, 314
тиокарбамоилирование 4/1168
трансфосфорилирование 4/518
Угн 5/36
Фишера–Хеппа 5/200
фосфорилирование 3/601
фотохимические 4/589; 5/733
Фриса 5/372
циклизация 1/1180; 2/36, 212, 438, 460, 694, 695, 986, 1138, 1166; 3/28, 181, 722, 1210, 1254, 1256, 1261; 4/799, 909, 1084; 5/58, 116, 132, 641, 692, 927
циклодегидратация 5/943
циклометаллирование 2/537; 3/72; 4/534
циклополимеризация 4/70, 71
циклоприсоединение 5/733, 736, 738
электроциклические 5/927, 928
элиминирование 1/1180
этерификация 3/601
эффект(ы) изотопные 2/386, 387, 758, 759
– Керра 2/739
– клетки 2/811, 812
– конформационные 2/910, 911
– матричный 2/986
Внутривластовое горение 1/882, 1171
Внутривибрационные методы
газовый анализ 1/915
лазерная спектроскопия 1/762, 763; 2/1120, 1121; 3/141
Вобитали 3/837
Вода(ы) 1/763, 189, 190, 764–769, 1066, 1215; 2/143, 210, 402, 522, 640, 646, 709, 711, 767; 3/785, 788, 1160, 1162; 4/152, 820, 1037, 1039; 5/4, 16, 206, 333, 709, 820, 825, 854–856, 922, 936. См. также *Влажность, Фотосинтез*
адсорбционная 2/12; 3/165
аммиачная 1/277, 278; 2/233, 290, 845; 3/244; 4/85; 5/796
анионотенные 1/768, 769
аэрация 1/773
баритовая 1/460
биомембранная 3/48
биосферная 1/339, 400, 1109
бромная 1/504, 612, 614; 2/140; 4/469, 910, 915, 973; 5/133, 522
выпаривание 1/847, 848–855
гели, см. *Гидрогели*
гигроскопическая 1/1182
горячая 4/1050
легация 1/773
десонизация 3/663
декарбонизация 1/771, 772
деминерализованная 2/159
ди- и тримеры 3/18–20
диссоциация 1/786, 787; 4/693
дистиллированная 2/158, 159, 574; 1/730, 772; 3/829, 1148
жесткость 2/282, 283, 521, 637; 1/769, 771, 772; 3/39, 367, 511
затворение с вязжими 1/870
и водность системы 3/188
и неполярные молекулы, см. *Гидрофобное взаимодействие*
и октан 1/560
и растекание других жидкостей, см. *Поверхностные явления*
и сольватированный электрон 4/75
и углеводород, коэффициент распределения 2/942
и ультрафиолет 5/60
изотопные эффекты 2/385, 387, 388
индекс насыщения 1/771
ионизация 1/1216
ионное произведение 2/448
как агент распыляющий 4/139
– – транспортирующий, см. *Пнеумо- и гидротранспорт*
как антирасторитель 4/611
как ассоциат 2/299
как диэлектрик 2/208
как катализатор 2/661
как каталитический яд 2/668; 5/1047
как кислотно-основной комплекс 2/282, 777, 779, 782
как минерал 3/164, 165
как нулеофил 2/640; 3/602–604
как окислитель-восстановитель 1/767, 833
как пассиватор 3/880–890
как пластификатор 5/171
как полярная жидкость 2/300
как порообразователь 3/903, 909, 911
как протондонорная добавка 2/697
как растворитель 1/6–8, 767, 768; 4/356–359, 372–376. См. также *Гидрофильность и гидрофобность*
как средство пожаротушения 3/648, 649
– – радиационной защиты 3/401, 402; 4/289
как хладагент 5/593
капиллярная 3/165
катионотенные 1/768, 769, 771, 772
конденсация 1/897, 898
конституционная 1/1078; 3/165
конфигурационная функция состояния 2/904
коррозионная активность 2/321, 322
кристаллизационная 1/1182; 2/12; 3/165
критические параметры 2/1077
«легкая» 5/395
лечебные 1/769; 3/170, 171
межзвездных облаков 2/962
межмолекулярные взаимодействия, см. *Липофильность и липофобность*
межслоевая 3/165
меченая 3/272
минеральные 3/170, 171; 1/769, 1115
морская 1/97, 630, 976; 2/895, 1043; 5/744
надсмольная 2/842; 3/1054, 1055
номенклатура 3/576
обемезеление 1/772, 773
обеззараживание 1/770, 771; 2/18, 19
обессоливание 1/772; 2/515
обескремнивание 1/773
обмен в организме 2/958; 3/623, 625
– ионный 2/513, 514
озонирование 1/771; 3/658, 661
омагничивание 3/764
определение 2/291, 292, 499, 896, 1100; 3/168; 4/1056; 5/819
осветление 1/770; 3/351
отщепление, см. *Дегидратация*
пар, см. *Водяной пар*
параметр растворимости 2/834
пирогенетическая 3/1054, 1055; 1/1177; 2/842; 4/101
питьевая 1/768, 769, 903; 3/161, 171, 356–358, 658
пластовая в нефтях 3/608–610
плотность 2/788
поглощение 1/787; 2/322, 1209
подготовка и очистка, см. *Водоподготовки*
подземные 1/768, 772, 773, 1109; 2/1201; 3/1193
подсмольная 3/1054, 1055; 4/100, 101
потребление, см. *Водопотребление*
пресные 1/768, 772, 847, 912; 3/856, 1193
природные 1/768. См. также *Гидрохимия*
радиолит 1/786; 4/292
разложение двухфотонное 2/5
– термохимические циклы 1/786, 787; 2/497
рекарбонизация 1/769, 771
реология 4/487
свободная 3/165
связанная 3/165
снабжение, см. *Водоснабжение*
соединения включения 2/1088; 3/1044; 4/339
– продукты присоединения, см. *Гидратация*
солёные и соленоватые 1/768
спектры 1/834; 2/854
стабилизация 1/771
сточные, см. *Сточные воды*
строение 1/764, 765, 1117; 3/226, 227; 4/689, 690, 693
твёрдые растворы 2/254, 255
термальные 3/170, 171, 1193; 5/654
техническая 1/769
тройная точка 4/1077
тяжелая 5/31, 32, 33, 922; 1/764; 2/25, 387, 393; 3/402; 5/922
умягчение 1/771, 772; 2/283, 514, 515, 571, 579, 587, 872; 3/351, 367, 663; 5/988
фазовая диаграмма 1/765
формы связи с материалом, см. *Сушки*
фотолит 1/786, 787
фторирование 3/368
хлорирование 1/770; 3/658; 4/469; 5/522
циркуляционная, испарительное охлаждение 1/1183, 1184
электролиз 1/778, 785, 786; 3/665; 5/33, 206, 363
Водно-глицериновые смеси 1/342, 1068
Вододисперсионные краски 1/788–790; 2/1133
Водно-жировые фармацевтические составы 3/127
Водно-солевые системы 3/188
и обмен веществ 3/611, 623, 624, 626
Водно-спиртовые смеси 2/620
Водность системы 3/188
Водно-топливные эмульсии 1/205
Водно-углемазутные смеси 1/205
Водно-угольные суспензии 1/769, 205, 770; 2/112
Водные растворители, взаимная диффузия 2/199
Водный аммиак, см. *Аммиачная вода*
Водоактивируемые гальванические элементы 1/973
Водокопильные устройства
компрессоры 2/884
насосы 3/344
Водонаполненные взрывчатые вещества 1/281
Водопоглощение 1/787
Водоподготовка 1/770, 768, 771–773; 2/504, 514, 515, 702, 731, 817, 1246; 3/39, 55, 663, 856; 5/204, 211, 248, 393, 554, 988. См. также *Умягчение воды*
Водопотребление 3/855, 856, 862, 863
Водопроницаемость
кожи 2/836
резины 1/630
Водоразбавляемые лакокрасочные материалы 1/773, 153, 774, 775; 2/1130, 1131; 3/1140; 4/51
Водорастворимые соединения
белки 3/49, 51
витамины 1/750–752
ионообменные полимеры 2/504
карбодимиды 2/630
контакт Петрова 4/928
красители 2/990, 994
– азинные 2/462; 3/472
– активные 2/977, 978
– антрахиноновые 4/907, 908
– индиулин 2/462
– кислотные, см. *Кислотные красители*
– кубогены 2/1095
– набиочные 3/977, 978
– нигрозины 3/472
– основные, см. *Основные красители*
– пищевые 3/1089
– протравные 4/247, 248; 2/977
– прямые, см. *Прямые красители*
– сернистые 2/993; 4/649
– тиозоли 4/649
– цианалы 5/700
нефтяные сульфаты 4/927
удобрения 2/869, 870; 3/172; 5/305, 306
Водород 1/775, 399, 400; 2/789; 3/575, 955–961; 5/54, 936, 937
азид 4/597
активный 1/251; 2/1236. См. также *Церевитиновый метод*
астатный 1/397
атомофильность 1/1015
атомарный 3/575
– боровский радиус 1/590
– как заместитель 3/569
– квантовые числа 2/721
– мезо-форма 3/32
– спектры 1/413
– уравни энергии 1/404
– фактор 2/189
– «флапштоковый» 2/909
– электронные конфигурации 1/405, 406
– эстафетная передача 1/548
– ядро 1/775; 2/329; 3/32. См. также *Протоны*
бромистый, см. *Бромистый водород*
дейтерид 2/386
диссоциация 3/240
жидкий 1/776, 778, 779; 4/300, 587
и «болезнь» металлов, см. *Водородное охрупчивание*
и pH среды, см. *Водородный показатель*
и сервоитные пленки 3/85
изотопы 1/403; 2/385, 386, 388, 394, 610, 758; 3/575. См. также *Дейтерий, Тритий*
иодистый, см. *Иодистый водород*
ионы, см. *Гидрид-ионы*
как литотроф 3/624
как энергоснабжитель, см. *Водородная энергетика*
коррозионная активность 2/957
космического вещества 2/962
ксантоновые 4/1164
металлический 1/777; 2/1035
молекулярный 2/642
– комплексы 3/18
– конфигурационная функция состояния 2/905
– потенциальная энергия 2/528
мышьяковистый 1/308, 309; 2/453
нормальный 1/776
окисляющий 1/4
оксиды, см. *Вода, Тяжелая вода*
определение 1/121, 210, 778, 885, 886, 894, 896, 915–917; 2/960; 3/113, 168, 795; 4/158, 159, 628, 666, 667, 883; 5/68, 693, 916
орто- и пара-формы 1/776, 778, 835, 1158, 1194; 2/477; 3/813

- откачивание, см. *Вакуум-насосы*
 перекись, см. *Водорода перексид*
 пламя 2/43, 44
 получение 1/275, 767, 777, 778, 878, 879, 883, 905, 926–928, 930, 1087, 1088; 2/497, 843, 845, 846, 1205; 3/42, 53, 101, 134, 147, 412, 414, 727, 1063–1066, 1075, 1076, 1100, 1130; 4/8, 705, 1175; 5/45, 342, 854, 922, 925
 применение 1/778; 2/326, 747, 486, 521, 522, 648, 711, 712, 847, 1035, 1146; 3/134, 905, 1069, 1099; 4/134, 154, 155, 325, 785, 819–821, 1211; 5/33, 206, 593, 604, 926
 присоединение, см. *Гидрирование*
 равновесный 1/776
 свойства 1/6–8, 18, 306, 431, 648, 664, 764, 767, 775–777, 779, 833, 835, 903, 904, 924, 936, 950, 1050, 1052, 1054, 1109, 1113, 1114, 1191; 2/25, 77, 198, 199, 271, 272, 282, 432, 533, 642, 744, 767, 782, 793, 851, 1077, 1172, 1252; 3/72, 78, 96, 99, 169, 325, 347, 606, 698, 785, 955, 956, 958, 960, 961, 1069, 1092, 1146; 4/320, 331, 337, 514, 515, 574, 639, 723, 750, 755, 790, 813, 818, 828, 872, 1005, 1077, 1143, 1215; 5/16, 33, 43, 53, 173, 332, 333, 387, 502, 503, 608, 630, 646, 714, 724, 889, 890, 896, 897, 904, 930, 995, 1024
 связь с другими элементами, см. *Водородная связь*
 смеси с газами, см. *Водородсодержащий газ*, *Синтез-газ*, *Фишера-Тропша синтез*
 соединения включения 2/477, 1076, 1077; 3/490, 872
 — ионемкатура 3/576
 — с металлами и неметаллами, см. *Гидриды*
 спилловер 4/786
 «сплавы» 5/503, 516
 сульфиды 2/179, 783; 3/576. См. также *Сероводород*
 твердый 1/777, 1215; 2/1035; 3/226
 технический 1/877, 878
 тяжелый 2/23–25
 фосфиды, см. *Фосфин*, *Фосфора гидриды*, *Фосфористый водород*
 фтористый, см. *Фтористый водород*
 хлористый, см. *Соляная кислота*, *Хлористый водород*
 роданистый, см. *Цианистый водород*
 шугообразный 1/779
 эффузия 3/237
Водорода перексид 1/779
 коррозионная активность 2/1333
 определение 1/615; 2/292, 499, 1224; 3/254; 4/1198; 5/151, 819
 получение 1/156, 778–780, 1115; 2/240, 241, 569; 3/652, 658, 697, 977, 978; 4/524; 5/60, 148, 902, 922
 применение 1/780; 3/154, 835, 1088; 4/342, 343; 5/950
 свойства 1/271, 425, 450, 452, 461, 520, 595, 597, 599, 643, 647, 650, 656, 668, 671, 674, 675, 759, 767, 780, 955, 995, 1073, 1115, 1147, 1153; 2/9, 18, 19, 21, 134, 139, 142, 186, 336, 439, 452–454, 464, 465, 497, 568, 579, 647, 660, 661, 663, 701, 757, 782, 850, 851, 862, 1102, 1138, 1156, 1205, 1218; 3/62, 63, 79, 106, 114, 133, 169, 279, 289, 319, 360, 492, 513, 517, 545, 558, 666, 678, 680, 691, 694, 711, 739, 969–975, 982, 1033, 1050, 1060, 1230, 1233; 4/126, 159, 274, 287, 288, 310, 569, 768, 868, 878, 899, 915, 916, 924, 926, 934, 974, 975, 985, 1022, 1108, 1122, 1128, 1137, 1143, 1147, 1151, 1152, 1158, 1164, 1174, 1251, 1257; 5/7, 8, 20, 56, 84, 115, 117, 145, 195, 202, 376, 444, 610, 683, 686, 794, 1058
 твердые носители 3/974
 Водородная бомба 5/1018
 Водородная связь 1/780, 665, 777, 781–784; 2/105, 113, 294, 300, 643, 644, 780, 781, 798, 834, 876, 877, 919, 991, 1000, 1181, 1264, 1266; 3/18, 19, 40, 164, 211, 223, 226, 267, 586, 664, 699; 4/366, 367, 674, 994; 5/15, 21, 72, 299, 338, 405, 424, 462, 463, 546, 663
 «Водородная теория» кислот 2/777
 Водородная энергетика 1/784, 767, 785–787, 1082; 2/497; 4/1210, 1211
 Водородо-дейтериевый обмен 5/904
 Водородное охрупчивание 2/271, 952, 956, 957; 3/5; 4/1180, 1256; 5/895
 Водородные устройства
 кислородные топливные элементы 4/1211; 5/487, 488, 917
 кулонометры 5/914
 лампы накаливания 4/785
 электроды 3/134; 4/154, 155, 819–821; 5/839–843, 920
 Водородный показатель 1/787, 763, 1092, 1116
 буферных растворов 1/652, 653
 и водно-солевой метаболизм 3/624, 625
 и ингибиторы коррозии 2/435, 436
 и индикаторы 2/446–449
 и пенная сепарация 3/899
 и селективность комплексометрии 2/871
 изоэлектрическая точка 2/408, 1187; 3/1166
 колориметрический анализ 2/446
 крови 1/1008; 2/637
 определение 2/1216, 1217; 4/627. См. также *pH-Метрия*
 титрования 2/447
 Водородоподобные атомы 1/787; 4/796; 5/931
 и орбитали 3/778, 779
 Водородопроницаемость материалов 1/921
 Водородсодержащий газ 1/1087, 1088, 1090, 1091, 1107, 1108; 2/169, 326, 684, 687
 Водоснабжение 3/856, 857, 862, 863, 1187, 1190, 1191; 5/718
 Водостойкость 1/787, 788; 2/603, 706, 708, 1129, 1132
 Водоструйные насосы 3/342
 Водозвуковые материалы
 краски 1/788, 789, 790; 2/1133, 1151; 3/1140, 1223; 5/989
 мастики 2/1319
 резольные смолы 4/446
 Водяной газ 1/767, 778, 839
 Водяной пар 1/765, 766, 777, 778, 786, 877, 878; 2/163, 164, 205, 254, 356, 357, 505, 663, 690, 706, 1310; 3/99, 116, 119, 123; 4/139, 755, 1050. См. также *Пар*
 вторичный 1/847–854
 образование, см. *Дистилляция*, *Испарение*, *Кипение*
 сжижение, см. *Конденсация*
 Возбужденные состояния 1/790, 548, 682, 702, 791–794; 2/135, 501, 530; 3/628; 5/869, 876, 881–885, 930, 1032
 атомных ядер 3/64, 65, 369, 370; 4/316
 горячих атомов 1/1178
 и вынужденное излучение, см. *Лазеры*
 и комбинационное рассеяние 2/865–867
 и конфигурация молекул 2/1221, 1222
 и механические воздействия, см. *Механохимия*
 и реакции двухквантовые 2/5
 — — ионно-молекулярные 2/509
 — — радиационно-химические 4/296, 297
 и рекомбинация 4/450
 и свечение вещества, см. *Люминесценция*
 и симметрия молекул 4/690
 и химилуминесценция 5/445, 446
 и цветность соединений 5/645–650
 мезоатомов 3/32
 многофотонные 3/189–191
 мультиплетность 2/727; 3/287
 под действием света, см. *Фотохимические реакции*, *Фотохимия*
 потенциальную ионизацию 2/1104
 резонансные 3/189–191
 синглетные и триплетные, см. *Синглетные состояния*, *Триплетные состояния*
 франк-кондоносские 5/351
 электронные 2/727, 729, 905
 Возвратные жидкокристаллические фазы 5/104
 Возгонка 2/540, 1299, 1300; 4/889–893; 5/15
 Возгораемость, см. *Горючесть*
 Воздух 1/189, 924, 926, 1039; 5/593. См. также *Воздушные соединения*, *Воздушные устройства*
 атмосферный, см. *Атмосфера*
 влажность 1/753, 754; 2/210; 4/539; 5/806, 807
 дезинфекция 2/19
 дезодоранты 2/19
 загрязнение и защита 2/446; 3/852–855, 864, 865
 ионизация 2/217, 532
 как агент распыливающий 4/139
 — — транспортирующий 3/1156
 как диэлектрик 2/208
 как плазмообразователь 3/1099
 как порообразователь 3/903, 905
 как рентгеноотрицательное средство 4/477
 как химический дозиметр 2/221
 как хладонотеплитель 4/1050
 кондиционирование 1/903, 905
 наддув 2/882
 обогащение кислородом 1/62, 63; 3/42
 озонирование 3/661
 осушка 1/9
 разделение 1/794, 63, 363, 795–798, 847; 2/767, 1037, 1038, 1088; 3/411; 4/461; 5/599, 600, 602
 регенерация 2/561
 сепарация, см. *Сепарация воздушная*
 «фиксированный» 5/508
 эффективные параметры, атомный номер 2/220
 — — молекулярная масса 3/215
 Воздухоудерживающие соединения
 вяжущие, для цементных растворов 2/226
 вяжущие 1/870, 871
 известняк 1/870; 2/349, 350
 механическая пена 3/648
 Воздушные устройства
 пенные огнетушители 3/1191
 разделительные установки 1/794–798
 сепараторы 2/352; 4/629
 тягоструйные 2/882; 4/954. См. также *Вентиляция*
 фильтры 1/899
 цинковые гальванические элементы 1/972, 973; 3/355
 эквивалентные камеры 2/220
Возмущений теория 1/798, 799, 800;
 2/329, 721, 723, 726; 3/236, 468, 788; 5/789
 и динамическая поляризуемость 4/124, 125
 и конформационные эффекты 2/911, 912
 и межмолекулярные взаимодействия 2/905; 3/20
 и мезомерия 3/30
 и молекулярная теория растворов 4/367, 368
 и реакционная способность 4/419
 и π -электронное приближение 5/876
 и Яна-Теллера эффекты 5/1056
 Возникающих реагентов метод 4/1126
 Войлок 1/2, 386; 2/153; 3/74, 438, 802–804, 1237; 4/572
 Вокелена соль 3/872
 Вокеленит 5/608
 Волганаты 1/148
 Волкензин 5/1051
 Волконсконт 1/1141; 5/608
 Волластонит 2/578, 588; 3/328; 4/675–677, 707, 708; 5/113
 Волновая механика, см. *Квантовая механика*
 Волновое уравнение 2/718. См. также *Шрёдингера уравнения*
 Волновые функции 1/45, 404, 405, 665–667, 791–793, 855, 1066, 1067; 2/717–724, 1104; 3/205–207, 467, 468; 5/461, 869, 880–883. См. также *Квантовая механика*
 бозонов и фермионов 4/826
 возмущенных систем 1/799, 800
 донорно-акцепторных комплексов 3/224
 и люминесценция 2/1223
 и обменное взаимодействие 3/627, 628
 и принцип Паули 3/892
 и самосоогласованное поле 4/576
 и спин 4/787–789
 и теория зонная 4/995
 — — резонанс 4/446, 447
 и электронная плотность 4/420
 и эффект(ы) туннельный 5/26–28
 — — Яна-Теллера 5/1056, 1057
 квантовые числа 2/726
 конфигурационная электронного состояния 2/904, 905
 ЛКАО-приближение 2/1210, 794, 1211; 3/235, 468, 780, 781, 783, 787; 4/119, 120
 молекулярные интегралы 3/222, 223
 определение, метод
 валентных схем, см. *Валентных связей метод*
 вариационный 1/681, 666, 682; 2/721, 723, 726, 904; 3/233, 234, 468
 орбиталей, см. *Молекулярных орбиталей методы*
 пробные 1/681
 радиальные 3/780
 симметрия, см. *Симметрия молекул*
 угловые 3/778, 779
 уравнения, см. *Шрёдингера уравнения*
 эксплицитные 5/811, 812
 Волновые числа 2/492, 852
 Волюны
 акустические 2/763, 1074; 5/59–62
 бегущие концентрационные, см. *Кинетические реакции*
 взрывные 1/702
 вольтамперметрические 1/808, 809
 горения 1/828, 1166–1168
 длины, см. *Волновые числа*

- и запаха, теория 2/238, 239
и расширение газов 5/604
капиллярные 3/1171, 1174
каталитические и кинетические, см. *Полярграфия*
спинные 4/789. См. также *Самораспространяющийся высоко-температурный синтез*
ударные 5/52, 53; 2/46, 47, 146, 466, 623; 3/146, 429
- Волокна**
биокатализаторы 5/157, 158
высокомолекулярные 1/731–733, 803–805; 3/1217, 1219; 4/27, 61, 1013, 1014, 1082
и материалы, см. *Волокнистые материалы*
и нити, см. *Нити*
искусственные 1/731–733, 802–806; 2/1228, 1329; 3/3
– ацетатные 1/425, 426, 427; 3/131, 192, 836, 1236; 5/665, 666
– вискозные, см. *Вискозные волокна*
– гидратцеллюлозные 1/1078; 5/663, 665
– медноаммиачные 3/3; 1/1078; 5/665
– полинозные 1/731–733, 803, 804
крашение 2/990, 440, 991–994, 1094–1097, 1228; 1/127–129, 139; 3/676, 677, 698–700, 833; 1/199, 1200, 1230, 1236, 1269; 4/72, 255, 256, 648, 649, 919
– узорчатое и одностороннее, см. *Печатание тканей*
металлические 3/73, 74, 417; 4/844, 845
неорганические, см. *Неорганические волокна*
отбеленные 3/836, 837
природные 1/800, 801, 802, 806; 2/1156; 5/22, 447, 662
– антисептики 1/337
– гидрофобизация 3/1165
– для бумаги 1/620
– животные 1/800–802. См. также *Шелк, Шерсть*
– прекурсы 5/47
– растительные (целлюлозные) 1/127–129, 139, 800–802; 2/990–992, 1094–1097, 1228; 3/676, 677, 833; 4/72, 221, 255, 256, 648, 649, 912. См. также *Лен, Хлопок*
стеклянные, см. *Стекланные материалы*
текстильно-вспомогательные вещества 4/1012, 1013. См. также *Замасливатели*
термостойкие 4/1082, 26, 48, 58, 61, 1083, 1084; 1/802; 2/324, 397; 3/674, 802–804, 1202, 1205, 1210, 1214, 1237, 1249
– трудногорючие 5/22; 4/1083
углеродные, см. *Углеродные материалы*
ферментсодержащие 5/157, 158
фторсодержащие, см. *Фторволокна*
хемосорбирующие 5/447
химические 1/802, 803–807; 2/440, 698–700; 3/435–437, 676, 677, 833, 1217, 1219, 1230, 1236; 4/255, 649, 1013, 1014, 1082; 5/389, 390
– бикомпонентные 3/1202
– «бок о бок» 3/1202
– для швейного корда 3/1204, 1205
– как искусственная кожа 2/539
– как наполнители 3/327, 329
– окислительно-восстановительные 5/447
– ориентированные 4/844, 845
– пиллинг 4/90
– полустетинные 4/1082–1084
– профилированные 3/1202
– синтетические 1/802–807; 2/1228, 1254; 3/144, 145, 203, 808, 809, 856; 5/22. См. также *отдельные представители*
– формование, см. *Формование волокон*
– штапельные, см. *Штапельные волокна*
– «ядро-оболочка» 3/1202
– электрообменники 5/447
- Волокнистые материалы**. См. также *Волокна*
бумажные 1/622, 623
волокнистые 1/807, 369; 3/806, 1119–1121; 4/1, 845, 847, 848, 970; 5/144
и фильтры 1/899
кожа искусственная 2/836, 837, 838
композиты 2/877–880; 3/417
мембраны 3/44, 45, 53
наполнители 3/87, 327–329
нетканые 3/435, 436–438
огнеупорные 3/646, 650
оптические, см. *Волоконная оптика*
пексовые 3/895; 5/47, 48
пленочные, см. *Пленки полимерные*
препреги 4/163, 164
самозохранение 4/572, 573
углосодержащие 1/370; 5/48, 49
фильтровальные 5/25
цементнокровельные 3/1200
- Волоконная оптика** 3/775–777; 4/627, 840, 848; 5/503, 764
«Волосатики», см. *Рутыл*
Волчки, см. *Вращательные спектры*
«Волчья пена», см. *Вольфрам*
Вольфотоксины 5/1050
Вольфил 3/1198–1200
- Вольф**
потенциалы 1/560; 3/23, 24
проблема 4/154
столб 5/489
- Вольтамперометрия** 1/807, 288, 1073; 2/145, 194, 292, 293, 916, 1098; 5/105, 172, 638, 915, 924
детекторы 2/45
полярография 4/125, 126; 1/808–810
сенсоры 4/627
- Вольтарен** 1/297; 2/110
- Вольфа перегруппировка** 1/810, 370, 758, 811; 2/69, 623, 741; 4/610
- Вольфа-Шрётера перегруппировка** 1/810, 811
- Вольфрам** 1/811, 768; 4/1202; 5/937
аква- и гидроксокомплексы 2/933
амальгамы 1/223
антимонид 1/331
бориды 1/583, 584, 812, 813
бромиды 1/815, 816
галогениды 1/815, 816
гетерополихлориды 1/1060, 1061
интеркалаты 2/477
интерметаллиды 1/813; 2/485
нодиды 1/815, 816, 950
карбиды 1/816, 812, 815, 817, 818, 820; 2/260, 264, 625, 734, 736, 827, 828; 3/493, 499; 4/142, 333, 1009, 1010
карбонилы 1/812, 823; 2/69, 629, 641; 3/79; 5/332
нитрид 1/812; 3/509
оксиды 1/818, 618, 812–814, 816, 818, 819, 822, 823, 1077; 2/583, 709; 3/103, 390, 577, 698, 949; 4/627, 685, 835, 983, 1010; 5/217, 332, 925
определение 1/120, 336, 508, 670, 814, 815, 1116; 2/205, 709, 710, 1271; 3/369, 969; 4/1165; 5/128, 637
органические соединения 1/823, 167, 168, 364, 365, 432, 813, 824; 2/203, 374, 923–925, 984; 3/62, 84, 103, 104, 875; 4/1160; 5/721, 735
пероксокомплексы 3/975
получение 1/813, 814, 869; 2/519; 3/88, 635, 637, 698, 824, 1068–1070, 1100; 4/560, 561, 712, 1057, 1104; 5/206, 503, 833, 854, 923
применение 1/815; 2/250, 878, 949; 3/73, 74, 87, 768; 4/114, 139, 142, 784, 835, 1018, 1244; 5/186, 503
свойства 1/812, 813, 950, 1015, 1060; 2/596, 671, 767, 924, 925; 3/74, 96, 97, 240, 243, 255, 949, 955, 958, 1093; 4/431, 723, 813, 1009; 5/142, 681, 928
селениды 1/812, 813; 4/619; 5/925
силициды 1/812, 813; 4/684
сплавы 1/819, 618, 813, 815, 816, 820, 821, 823, 977, 987; 2/249, 250, 257, 260, 261, 263, 537, 736, 737, 827, 828, 1153, 1154, 1242, 1243; 3/15, 88, 249, 482, 483, 825; 4/467, 565, 685, 708, 712, 809, 984, 985, 1008–1010, 1180; 5/895
сульфиды 1/821, 812; 2/663, 666, 670, 675; 3/727; 4/1007
тнотисы 2/710
фториды 1/816, 812, 814, 815, 950, 1104; 2/925; 3/577, 824; 5/389
хлориды 1/815, 816; 3/79, 103, 577, 1216; 5/16, 730
цианиды 5/703
- Вольфраматы** 1/821, 616, 811–813, 818, 822, 823; 2/223, 710; 3/166
кальция 2/583
- Вольфрамит** 1/811, 813, 814, 821; 2/263; 3/242, 636
- Вольфрамовая синь** 1/814
- Вольфрамые кислоты** 1/813–815, 818, 822
соли, см. *Вольфраматы*
- Вольфрамометрия** 1/54, 915; 2/768; 3/245, 542, 645, 1147, 1148; 5/388, 489, 490, 762
- Воля-Циглера реакция** 1/824, 183, 535, 825, 952, 953
- Вонель** 3/1198–1200
- Ворвань** 2/235
- Воробьевит** 2/222
- Воронение** 3/695
- Воск(и)** 1/825, 564, 826–828; 3/345, 347, 1125, 1186; 4/378, 381; 5/12, 551, 568, 631, 835, 974, 1003, 1006. См. также *Воскоподобные материалы*
анализ 2/770
вымораживание 4/382
горный 1/338, 565, 825–827; 4/101
для замазливателей 4/1012
для литейных шликеров 2/735
для мастик 2/1318, 1319
для полиролей 4/34
защитные 1/333
как каустобиолиты 2/703
как нейтральные липиды 2/1188, 1189
как твердые смазки 4/1007
микронизированные 4/91, 92
монтан 1/565, 827
озокерит 1/338, 565, 825–827; 4/101
очистка 2/1044; 3/837
эмульсионные 1/164
- Воскоподобные материалы** 1/826; 2/187; 5/551. См. также *Воски*
- Парафин**, см. *Парафин*
- Петролатум** 3/995, 996, 1125; 1/826; 2/103, 312, 601, 900, 901, 1320; 4/173, 725, 726; 5/693
- Церезин**, см. *Церезин*
- Воспламенение** 1/828, 829, 830, 1166, 1175, 1176; 2/47, 1259
бризантных ВВ 2/466
в пожарном деле 1/830, 831, 832; 3/1187, 1188; 4/571, 666; 5/22
- Дизельные топлива** 2/102; 5/696
зажигательные смеси, см. *Воспламеняющиеся смеси*
концентрационные пределы 1/703; 4/666
поверхностное, см. *Бензины*
полусторов 5/688, 689
порохов 2/467
принудительное 2/46
- Воспламеняющиеся составы** 1/832; 3/972, 1076
- Воспроизводимость показаний весов** 1/685
результатов анализа 3/136, 138, 139
«Восстанавливающая способность» 3/267
- Восстановители** 1/832, 669, 670, 833, 904, 972, 973, 1070, 1073, 1093, 1115, 1116, 1120; 2/10, 73, 204, 264, 321, 465, 498, 499, 525, 526, 561, 585, 603, 625, 711, 840, 913, 1010, 1093–1096, 1205; 3/88–91, 93, 99, 363, 414, 663–667, 698, 746–749, 969, 1056; 4/252–255, 433, 592, 593, 651, 750, 943, 1183; 5/45, 46, 114, 264, 437, 694, 750. См. также *Восстановительный газ, Восстановление, Окислительно-восстановительные реакции*
- Восстановительные процессы**, см. *Восстановление*
- Восстановительный газ** 1/847, 878, 903, 904; 2/847; 4/101
- Восстановление** 1/542, 545, 941, 942, 964, 1049, 1050, 1075, 1095, 1113; 2/76, 119, 331, 360, 516, 642, 645, 646, 716, 742, 744, 745, 1138; 3/519, 526, 527, 553, 554; 4/1165; 5/217, 508, 523. См. также *Восстановительный газ, Восстановление, Окислительно-восстановительные реакции*
Буво – Блана 1/619, 620
в звуковых полях 5/60
диагностический, см. *Несеманная реакция*
и алкилирование 2/117
и аминирование 1/271, 272; 2/82, 83, 116, 121, 1138, 1155; 3/107, 289, 470, 622; 4/196; 5/979
и ацилирование 3/407, 408
и деалкилирование 2/6
и диспропорционирование 4/554
и иодирование 3/1025
и карбоксилирование 2/633
и коррозия металлов 2/952–955
и метаболизм 5/109
и металлизация полимеров 3/71
и металлотермия 2/579, 580, 1154, 1235, 1287; 3/88–91; 4/139
и метилирование 2/123
и минерализация 3/169, 170
и обжиг 3/1000, 1001, 1068; 4/639
и односторонний перенос 2/831; 3/78; 4/623
и окисление, см. *Окисление, Окислительно-восстановительные реакции, Окислительные процессы*
и очистка газов 1/903, 904
и пирометаллургия 3/1069
и плавка 3/474; 4/592, 593, 1173, 1174
и процессы дыхания 2/241, 242
и расщепление 2/170
и уничтожение химического оружия 5/502
и фрагментация 5/365
и гемиллюминесценция 5/446
и клонизация 3/408, 409, 1081; 5/520
и элиминирование 2/874, 934; 3/77, 79, 80, 1130
карботермическое 5/257
каталитическое 1/306; 2/117, 129, 364, 646, 663, 944; 3/78–80, 121, 515, 549; 4/538, 539, 1200
кислотно-основное 2/751

- красителей, см. *Лейкосоединения*
по Бёрчу 1/542; 2/886; 4/511
по Клемменсену 2/809, 810; 4/1143
по Меервейну – Пондорфу – Верлею 3/10, 11, 767, 768; 4/804
по Нефу 3/439
по Розенмунду 4/538, 539
под действием света 5/332
полярографическое 2/417
присоединительное 2/129
радикальное 2/524, 526; 4/310, 314
реактивами Гриньяра 1/1203, 1204
селективное и стереоселективное 2/129, 546; 3/11
совместное 2/1154
стереоспецифическое 2/655
фотохимическое 5/332, 354, 355
электрохимическое, см. *Электро-восстановление*
- ВПК-402 3/1212
- Вращательные квантовые числа 2/721
- Вращательные постоянные 1/834; 3/157
- Вращательные спектры 1/833, 792, 834–837, 855; 2/143, 330, 386, 726, 727, 853, 865; 3/157, 158, 220, 230, 394, 892; 4/160, 780, 784; 5/789
- Вращательные (вращающиеся) устройства
дисковые электроды 2/144, 145
мельницы 4/139
насосы 3/344
печи 3/999, 1001, 1002, 1009; 4/632; 5/749
- Вращение
внутреннее молекул, см. *Внутреннее вращение молекул*
оптическое 1/388, 619; 2/128, 292; 3/772, 773; 4/859; 5/107, 108, 539, 546. См. также *Мутаротация*, *Хироптические методы*
плоскости поляризации 2/292, 366, 368. См. также *Фарадел эффект*
под магическим углом 5/1029
- Вревского законы 1/837, 66
- Временная жесткость воды 2/282, 283, 637
- Время (времена)
жизни квантового состояния 2/726
– клевет 2/799
– критического зародыша 2/319
– нестойких веществ 2/145
– «оседлой», см. *Реакции в растворах*
– свободных радикалов и атомов 4/164, 165
задержки зажигания 1/830
запаздывания деформации 4/484
затухания люминесценции 2/1221, 1224
защитного действия 1/61; 2/324, 514; 4/221
и критерии подобия 3/1183–1185
индукции 1/828
оборота катализатора 2/691, 715
пробытия частиц в аппарате 4/881
релаксации 2/208, 691, 715, 1073, 1074, 1255, 1257, 1265; 3/645, 948; 4/484, 794, 795
сушки 4/959
удерживания компонентов в хроматографической колонке 2/295, 296
фиксированное, метод анализа 2/757
фильтрация 5/183, 194
характеристическое для макромолекул 2/1265
– процесса 5/156
характерные, см. *Макрокинетика*
- Время-пролетные масс-анализаторы 2/1314
- Всаливание 1/856, 857; 3/25
- Всесезонные масла 3/277
- Всесоюзное химическое общество 1/838
- Вспененные материалы 1/624; 3/646. См. также *Пенопласты*
- Вспениватели 2/154, 1091; 3/328; 5/208. См. также *Порообразователи*
- Всплывные масла 2/15
- Вспышки температура 1/838, 830, 831, 1175; 2/102, 103, 304; 3/1187
- Встречная диффузия 3/256
- Втор... 1/838
- Вторичная структура
белков 1/471, 473, 474; 2/877
макромолекул 2/1263, 1266
нуклеиновых кислот 2/1323, 1324; 3/587, 588, 1051, 1052
пептидов 3/930
ферментов 5/159
- Вторичные взрывчатые вещества 1/607, 608, 705; 2/406, 467
- Вторичные процессы
кинетические изотопные эффекты 2/758
эмиссия ионная 2/511, 512, 1212, 1318
– электронная 2/499, 501, 529; 3/97; 5/338, 362, 871, 872, 877
- Вторичные ресурсы 2/356, 358; 3/120, 848, 852, 864, 865; 5/77, 469, 470, 593, 955–957
- Вторичные ростовые вещества 4/428
- Вторичные настилы
ионы 2/511, 512, 1212, 1318; 3/431
электроны 2/499, 501, 529; 3/97; 5/338, 362, 871, 872, 877
- Вторичный пар 1/847–854
- Второе начало термодинамики 1/839, 573, 762; 3/841, 936; 4/825, 1028, 1066, 1085, 1211; 5/464–466, 593, 955–957
- ВТ-электролиз воды 1/785, 786
- Вуд слав 1/813; 4/601, 809
- Вудворда
реактив(ы) 1/840
реакция 1/841
синтез 5/576–580
- Вудворда–Хофмана правила 1/841, 1186; 2/101, 127, 247, 509, 628, 724, 755, 905, 917; 3/235, 236, 783, 788, 939, 964, 965; 4/416, 417, 665, 692, 693, 744; 5/339, 353, 736, 877, 927, 928
- Вудрифта печь 1/409, 410
- Вулканизаты 2/286, 704; 3/1116; 4/583, 661. См. также *Резины*
- Вулканизационная сетка 1/844, 845; 2/1266; 4/661–663
- Вулканизация 1/844, 845–847, 859, 1044–1046, 1109; 2/377, 705, 1013, 1017, 1018, 1149, 1150; 3/838, 972, 973, 1116; 4/3, 4, 42, 43, 129, 130, 203, 204, 440, 443; 5/86
агенты, см. *Вулканизирующие агенты*
«динамическая» 4/1089
и антиоксиданты 3/661
и радиолуминесценция 4/1076
оптимум 1/844, 845
плато 1/845
«полиприсоединение» 2/1023
преждевременная 1/844, 846
при ударно-волновом сжатии 5/52
радиационная 4/293
серия 1/846, 847; 3/62, 1244; 5/571, 572
ускорители 1/306, 630, 634, 636, 645, 846, 847, 867; 2/177, 183, 187, 377, 620, 694, 1086, 1091, 1149; 3/62, 107, 1030; 4/926, 969, 1155, 1199; 5/11, 47, 86, 414, 572, 586, 799
«холодная» 1/846; 2/1022
- Вулканизирующие агенты 1/115, 116, 845–847; 2/66, 94, 406, 1013, 1016, 1102, 1248; 3/683, 978; 4/120, 633, 654, 655, 969, 1089, 1152, 1269; 5/86, 138, 998. См. также *Вулканизация*
- Вулканическое происхождение нефти 3/457
- Вулканел BN 4/134
- Вулканит AZ 3/62
- Вулканит 5/86
- Вултекс 2/1149
- Вульфа уравнение 2/318
- Вульфа–Брэгга уравнение 4/995; 5/878, 879
- Вульффеит 3/241, 242
- Выборка случайных измерений 3/638, 639
- Выборочное среднее измеряемой величины 3/638–640
- Выбросы (выхлопы)
автотранспорта 2/666, 668; 3/873, 1129, 1134; 4/1058, 1210; 5/43, 45, 46
как отходы, см. *Отходы производства и потребления*
промышленные 3/852, 853. См. также *Сточные воды*
пылевые 3/1194
радиоактивных газов 4/319–322
тепловые 3/864, 865
технологические 3/852, 853
- Выварочная соль 3/369
- Выветривание как твердофазная реакция 4/414
- Выдавливание 4/6, 7. См. также *Экструзия полимеров*
- Вымораживание 1/847, 902; 2/1041; 3/117, 323, 420; 4/382, 893, 954, 1092
- Выпаривание 1/847, 848–855, 1105; 2/885, 1052, 1053, 1299; 4/350
- Выплавка металлов 3/1001, 1004
- Выпускные формы 2/981, 982; 3/1010, 1013, 1017; 4/19, 33, 34, 286
- Выравниватели окраски 2/694; 3/716–718; 4/580, 1012
- Вырождение энергетических уровней 1/855, 404, 405, 856; 2/720, 727; 5/107, 108, 882, 886
в полупроводниках 4/105, 107
и электронная корреляция 5/869
и эффект(ы) туннельный 5/26, 28
– Яна–Теллера 5/1057, 1058
конформеров 2/907
кратность, см. *Мультиплетность*
обменное 3/627
снятие, см. *Зеемана эффект*
- Вырожденные реакции
изомеризация, см. *Топамеризация*
как молекулярные перегруппировки 3/938
протонный обмен, см. *Водородная связь*
разветвленные 2/755; 5/691, 692
таутомерные 4/416, 991
фосфорные 5/308
- Вырожденные системы
генетический код 1/1013
пространства состояния 5/99
энергия, см. *Вырождение энергетических уровней*
- Вырубка пластмасс 4/10
- Высаливание 1/856, 857; 2/163, 1053; 3/25, 256, 303, 420, 818; 4/78, 86; 5/827
- Высоковольные *источники излучения 2/502, 503
- Высокоизбирательные реагенты 2/347
- Высококозиритивные материалы 2/1241, 1242
- Высокомодульные материалы
волокна 1/731–733, 803–805; 3/1217, 1219; 4/267, 61, 1013, 1014, 1082; 5/48
стеклопластики 3/746
- Высокомолекулярные соединения 1/857, 858–861; 3/784; 5/481. См. также *Полимеры*
и олигомеры 3/742–744. См. также *Смолы синтетические*
молекулы, см. *Макромолекулы*
получение, см. *Биополимеры*, *Биосинтез*, *Поликонденсация*, *Полимеризация*
применение, см. *Пластические массы*, *Полимерные материалы*
свойства, см. отдельные физические и физико-химические параметры
эластомеры 1/859. См. также *Лаучуки*, *Резины*
- Высокообъемные химические нити 4/1014–1017
- Высокоогнеупорные материалы 3/650
- Высокопористая керамика 2/733
- Высокопрочные сплавы 2/257, 828, 1249, 1250
- Высокосернистые нефти 3/442
- Высокотемпературные материалы
керамика 2/733
сверхпроводники 3/414, 415; 4/585–587
теплоносители 2/185, 202; 4/1095
химико-лабораторное стекло 4/837, 838
- Высокотемпературные процессы
в плазме, см. *Плазма*, *Плазмохимическая технология*, *Плазмохимия*
калориметрия растворения 2/576
переработки нефти, см. *Крекинг термический*
– углей, см. *Коксование*, *Полукоксование*
пиролитические, см. *Пиролит*
поликонденсация 3/1259, 1261
получения горючих газов, см. *Газификация*
самораспространяющийся синтез 4/574, 575, 685; 1/584, 1169; 2/1261; 3/415, 421; 5/516, 755
- Высокохромистые стали 2/261
- Высокочастотное титрование 2/898, 899
- Высокочастотные процессы
плазмохимические 4/777–779
распыление 3/334
сварка 4/582
- Высокочастотный анализ 2/209, 210
- Коддуктометрия 2/897–899
- Высокоэластические деформации 1/859, 861, 862
- Высокоэластическое состояние 1/861, 859, 862, 873; 2/54, 55, 328; 3/1118; 4/440, 488, 489, 662, 1017, 1076
- Высокоэнергетические вещества (частицы)
нейтроны 3/401
фосфаты 1/558
- Высокоэффективная жидкостная хроматография 2/294, 295, 298; 3/1096; 5/23, 35, 245, 246, 270, 425, 628, 630
- Высота
аппаратов 2/1306, 1307
единицы переноса 2/1306, 1320; 5/830
ископтящего пламени 2/738, 739, 1225; 3/448
эквивалентная теоретической ступени контакта 2/391, 1306, 1307; 5/625, 830, 831
- Высшие жирные кислоты 1/862, 265, 717, 826, 827, 863–865, 1137, 1144, 1145; 2/226, 283, 616, 643, 646, 660; 3/1160, 1161; 4/903, 977, 990; 5/57
амиды 1/1179
димерные 3/741
как присадки 4/172
как телогены 1/150, 151
незаменимые 3/395, 396, 397; 1/863–865

- сложные эфиры 2/1184; 3/1227; 4/172, 770, 861, 919
соли, см. *Мыла*
сульфированные 4/919, 920
триглицериды 4/377
хлорангидриды 1/744
- Высшие жирные спирты** 1/865, 866, 867, 998; 2/27, 210; 3/78, 450, 922; 4/804, 907
- Высыхающие продукты**
масла 2/982, 1215, 1273; 3/1139, 1140; 4/377, 383; 5/26, 134
смолы алкидные 1/153, 157
– алкил(арил)феноло-формальдегидные 1/157
- Вытеснительные методы**
тепловая десорбция 5/621, 625, 626
титрование 2/871
хроматография 2/295, 296; 5/621, 625–627
- Вытопка жиров** 2/307–309
- Вытравная набивка** 3/998
- Вытяжные дымовые шахты** 3/1190
- Выхол(ы)**
ионные 4/298
квантовый, см. *Квантовый выход*
оптический 1/388–392
по току 5/106, 854, 895
радиационно-химический 4/290, 293
реакций 2/901, 902; 5/60
– ядерных 5/1022
флуоресценции 1/410
целевых продуктов 2/1239; 3/793, 794
энергетический, процессов 3/146, 147; 5/60
- Вычитания твердые растворы** 4/1005, 1006
- Вычитывание реакторы** 4/425
- Выщелачивание** 1/867, 468, 1050; 2/553, 669, 670, 731, 822, 1287; 3/7, 93, 244, 245, 474, 475, 492; 4/265, 435, 550, 615, 944, 1020, 1173; 5/704, 762, 833
агитационное 1/867
бактериальное 1/868, 869
и капиллярная пропитка 2/613
и растворение 4/350
и экстрагирование 5/819
как толохимическая реакция 4/1216
кучное 1/868; 5/77
«нейтральное» 5/749
перколяционное 1/868
подземное 1/1021; 2/1246; 3/369, 416; 5/77
радионуклида из мест захоронения 4/321
- ВЭЖХ, хроматография, см. Высокоэффективная жидкостная хроматография**
- Вюрстера**
краситель 5/339
соли 5/124
- Вюрца реакция** 1/869, 392, 947; 2/10, 313, 621, 889, 1016; 3/125, 350, 727, 981; 4/512; 5/744, 785, 973
- Вюрца–Гриньяра реакция** 1/1203
- Вюрца–Михаэлиса реакция** 4/946
- Вюрца–Фиттига реакция** 1/869; 4/62
- Вюрцит (вюрцит)** 2/556, 832; 4/109, 618, 630, 1023; 5/746, 754, 755
- Вюстит** 1/907; 2/254, 270, 271
- Вюститовый электрод** 4/821
- Вязжущие материалы** 1/870, 871; 2/587, 589; 3/64, 418, 863, 1001, 1140, 1264, 1265; 4/752, 977; 5/143, 585. См. также *Таннины*
алюминаты 1/206
и лекарственные средства 1/870; 4/979
известковые, см. *Известь*
как защита от излучений 3/353
крахмально-каолиновые 2/327
- порошковые 4/138. См. также *Цементы*
твердение 1/1076; 2/582
- Вязкое течение** 1/873; 3/644, 947, 948; 4/486, 1065, 1069, 1073
- Вязкостные вакуумметры** 1/662
- Вязкостные присадки** 1/286; 3/277, 1126; 4/167, 173, 1114
- Вязкость** 1/871, 872, 873, 887, 888, 915
бингамовская 4/486
вихревая 3/947, 948
динамическая 3/1183, 1185
единицы 3/13
жидкостей 2/285, 286; 3/144
и давление 1/1215, 1218
и «живучесть» полимеров 3/1112, 1114
и компенсационный эффект 2/868
и ползучесть 3/1161
и релаксация 4/463
и реология 4/484–492
измерение, см. *Вискозиметрия*
кажущаяся 4/486, 490
как перенос импульса 4/870
книematicкая 3/1183–1185; 4/166, 167; 5/29, 30
критические аномалии 2/1074
нефтей и нефтепродуктов 3/446, 453, 455, 457, 458, 462, 463, 465
ньютоновская 1/872; 4/486; 5/30
олигомеров 3/743
пластичных смазок 3/1123, 1125, 1126
полиэлектролитов 4/78
понижители 2/227, 1165, 1174, 1175
порошков 4/138
расплавов 3/219
растворителей 4/359
регуляторы 3/728
соляной кислоты 4/754
структурная 1/789, 872
сдвиговая 4/831, 832
среды и реакционная способность 4/423
– – степень поляризации люминесценции 2/1224
ударная 4/808
характеристическая 1/873; 4/488
эффективная 1/728, 872; 3/1113; 4/138, 486, 490
- Вязкотекучее состояние** 1/873, 859, 860; 2/54; 3/319, 840, 1119, 1121; 4/3–5, 887–889, 1017
- Вязкоупругость** 2/54; 4/484–486, 488
- Г**
- Г_{Аз}, кислота** 1/1064
- Г_{А12}-альдегид** 1/1064
- Габбро** 4/561
- Габбронориты** 4/561
- Габриэля реакция** 1/874, 252, 254, 272; 2/82, 111, 416, 1092; 3/107; 5/380, 979
- Гагена–Пуазейля уравнение** 1/728, 872
- Гадолитий** 1/875; 5/937
- алюминаты 2/1226
арсенид 3/256
галлиевые братья 2/222
– гранаты 1/875, 1185; 2/222
галогениды 1/875
нитрат 1/875
оксиды 1/875; 3/36, 288; 4/437, 586
оксисульфид 1/875
органические соединения 2/36, 1147
ортованадат 1/672
получение 1/875; 4/571
применение 1/875, 876; 3/1226, 1240
свойства 1/875; 3/98, 957, 958, 960; 4/432–434; 5/164
селенид 4/619
сплавы 1/875; 4/809
- сульфид 5/363
- Гадолитий** 1/875, 1156; 2/156, 243, 544, 546; 4/434, 570
- Гадфильда сталь** 2/262
- Гажа** 2/348
- Газ(ы)** 1/923, 924, 926; 5/508
абсорбция 1/4, 5–9, 11–14, 904, 905
адсорбционное насыщение 2/542
адсорбция 1/797, 905; 2/860
анализ, см. *Газоанализаторы*, *Газовый анализ*, *Газовые методы*
ассоциирование 2/789
барботирование 1/455, 456
благородные, см. *Благородные газы*
болотный 3/101
бытовой 1/1177; 4/194
«веселящий» 1/94, 96
водородосодержащий 1/1087, 1088, 1090, 1091, 1107, 1108; 2/169, 687
воляной 1/767, 778, 839
воспламенение, пределы 1/831, 832
востановительный 1/847, 878, 903, 904; 2/847; 4/101
вымораживание 1/847
вязкость 1/728–730, 871, 872, 887, 888
генераторные 1/878–880; 4/633, 651
газраты, см. *Газовые гидраты*
горение 1/1169, 1170
гремучий 3/824
давление 1/1215, 1216, 1219. См. также *Дальтона законы*
детонация 2/46, 47. См. также *Взрыв*
деформация 2/54
дисперсные системы 2/153
диссоциация 2/158
дозирование 2/217, 218
жирный 1/930; 2/680, 682
защитный 2/326, 327; 1/798
и коррозия металлов, см. *Газовая коррозия*
и обмен веществ 3/611
и проницаемость материалов, см. *Газопроницаемость*
идеальные 1/17, 924, 925, 988; 2/22, 23; 4/364; 5/465, 499
инертные 1/568; 3/82, 83
ион-радикалы 2/524
ионы, см. *Ионы в газах*, *Плазма*
источники 3/413. См. также *Водородная энергетика*
– вспениватели, см. *Порообразователи*
– пиротехнические 3/1075, 369, 988; 2/768
как минералы 3/164
как наполнители, см. *Газонаполненные материалы*
как пар 1/923
как распыливающие агенты 4/139
как растворы 4/360
как реагенты для обработки стекол 4/836–838
как средства пожаротушения 3/648, 649
как температурные метки 4/1244
как транспортирующие агенты, см. *Пневмо- и гидротранспорт*
«капельные», см. *Критические явления*
коксовый 2/845, 592, 595, 841, 842, 846, 847; 1/901, 904; 3/101, 863, 1054, 1055; 4/633, 651, 696, 969, 1115, 1202; 5/44, 806
комплексы не-молекулярные 2/505
– молекулярные 3/18–20
конверсионные, см. *Газификация*
твердых топлив
конденсатные, см. *Газовые конденсаты*
летучие 2/1166–1168
методы, см. *Газовые методы*, *Газовые приборы*
- нефтепереработки 1/926, 728, 785; 2/843, 844; 3/441, 445, 461, 1053, 1060–1066; 4/194, 651
- нефтяные попутные** 1/928, 929; 3/441, 445, 452; 4/194, 1210; 5/973
- нитрозные** 3/357, 505, 518, 530
- носители** 4/889–892. См. также *Хроматография*
- одрозияция** 3/653; 4/915
- окклюзия** 1/4
- оптическая активность** 3/772, 773
- осветительный** 3/1061
- осушка** 1/896, 62, 847, 897, 898, 912; 2/327, 613; 4/540; 5/291, 292, 605, 682
- отбензиненный** 1/929
- охлаждение** 1/906, 907. См. также *Градины*
- очистка** 1/898, 467, 777, 847, 898–904, 931, 932, 1105; 2/215, 255, 613, 666; 3/855, 860; 5/25, 447. См. также *Пылеулавливание*
– каталитическая 2/668, 672; 3/325, 873, 1129
- перемешивание** 3/943
- перемещение** 3/339. См. также *Гидромеханические процессы*, *Диффузия*, *Компрессорные машины*
- плотность** 1/887, 889, 925, 1215; 2/55; 3/1145, 1146. См. также *Плотномеры*
- поглотители, см. Геттеры**
- постоянная** 1/908; 2/788; 3/13
- природные горючие** 1/930, 431, 703–705, 831, 832, 894, 895, 912, 1002, 1003, 1175; 2/118, 680–682, 703; 3/119, 445, 446, 449, 450, 452, 863, 1001, 1187, 1193; 4/100, 101, 697, 1139; 5/42, 806, 927, 973
- пузыри** 1/455, 456. См. также *Коалесценция*
- разделение** 1/904, 11–14, 905, 912; 2/843, 1039, 1046, 1053; 3/42, 45, 53, 56; 3/1213; 5/682. См. также *Газовая хроматография*
- разрежение, см. Вакуум-насосы**
- растворимость** 1/14–19, 924, 1111, 1215, 1216, 1221; 4/356, 357. См. также *Генри закон*
- расход** 4/383–387
- реактивный** 2/1310
- реальные** 1/679, 727, 924, 926; 5/70, 499
- редкие** 1/568
- релаксация** 4/463
- рудничные** 3/101
- сжатие** 1/923; 2/880–886; 3/278
- сжижение** 1/204, 205, 924; 2/166–168; 3/278. См. также *Холодильные процессы*
- сжимаемость** 1/1215; 4/664
- сигнализаторы** 4/665, 666; 1/886, 892; 3/1190
– утечки 4/667, 668
- содержание в минеральных водах** 3/170, 171
- сольватированные электроны** 4/750
- состояние, вакуум** 1/661
– диаграммы 1/923; 2/57, 61, 62
– закон(ы) Авогадро 1/17, 988
– Бойля–Мариотта 1/573, 988
– Гей-Люссака 1/988
– кратных отношений 2/984
– критическое 1/924; 2/299, 1076
– теория 1/924, 955
– уравнение Ван дер Ваальса 1/679
– виральные 1/727
– Клапейрона–Менделеева 2/788, 789
- спектры** 1/3, 4; 3/157, 158
- сухие** 1/928, 930; 2/680, 681
- теплоемкость** 4/1038–1040
- теплопроводность** 4/1043

- топливный 1/878; 3/1066; 4/194, 1061, 1139
топочные 1/771; 4/1050
угарный 5/45, 46. См. также *Углерода оксид*
увлажнение 1/905, 753–756, 758, 906, 907; 2/210, 1300; 4/539, 540
фононов 4/463
химические процессы 2/124, 125. См. также *Газофазные реакции*
хранение 2/799. См. также *Газгольдеры*
число, см. *Газовое число*
электрические разряды 3/1094, 1099, 1101, 1102. См. также *Ионизационные приборы*
электронный 2/2; 3/73, 96; 5/462
электрохимически активные, см. *Электроды газовые*
энергетический 1/878
эффузия 3/237
Газгольдеры 1/876, 877; 2/595
Газификация
древесины 2/1165
кокса, см. *Коксование*
нефтяных остатков 1/877; 3/119, 441, 443; 4/1061; 5/46
твердых топлив 1/878, 778, 785, 879–881, 904, 1087; 2/348, 597, 606, 665; 3/719; 4/100, 101, 697, 701, 705, 1115; 5/43, 46
– – подземная 1/881, 882, 883; 2/597
Газлифты 3/339, 943
Газоанализаторы 1/884, 885–896; 2/768; 3/795; 4/665, 666; 5/554. См. также *Газовый анализ*, *Газовые приборы*
состава пылей, см. *Пылемеры*
Газовая коррозия 1/907, 973, 974, 1050; 2/348, 946, 950–953; 3/76, 888–890
Газовая постоянная 1/908; 2/788; 3/13
Газовая хроматография 1/908, 909–911; 3/566, 795, 884, 885, 916, 1067; 5/172, 610, 620
адсорбционная 1/883, 908, 920; 5/620
детекторы 2/43–45
жидко-твердофазная 5/620, 621
капиллярная 2/608–610, 1172; 3/1067
лигандообменная 2/1171, 1172
прераспределительная 4/833
реакционная 4/424, 425
с программированием температуры 5/625, 626–628
твердофазная 5/620
топкослойная 4/1208
«Газовая» экстракция 5/834, 835
Газовое число 1/1069; 4/134
кинетическое 3/259
Газовые гидраты 1/911, 767, 896–898, 912, 930; 2/798, 1043; 3/347; 4/889
Газовые конденсаты 1/912, 930, 991; 2/1175; 3/452
Газовые методы
адсорбционная радиогграфия 4/325
аналитические, см. *Газовый анализ*
пламенная обработка металлов 4/195
радиоспектроскопия 3/157, 158
статическое прессование 2/732; 4/140
формование 1/814
электрография 2/191; 3/21; 4/882–884
Газовые приборы (устройства)
весы 3/217
генераторы, см. *Газогенераторы*
детекторы 4/322, 330
лазеры 2/431, 505, 1117–1120, 1124–1128; 3/411; 5/812
лампы 2/1116, 1117, 1119; 3/349
лифтовые, см. *Газлифты*
пламенные печи 4/839
разрядные, см. *Газы*
расходомеры 4/383–387
сигнализаторы 1/886, 892; 4/665–668
термометры 4/1079
электроды 2/522; 4/1211; 5/150, 170, 839–844
Газовые разряды, см. *Газы*
Газовые смеси, см. *Растворы*
Газовые угли 2/597
Газовый анализ 1/914, 915–918; 2/709, 1315, 1317; 3/460, 645, 795, 797, 1054
Газовый бензин 1/1177, 1178; 4/100, 101
Газовый обмен веществ 3/611
Газогенераторы 1/878–880
Газодисперсные системы 2/153
Газодувки 2/882
Газо-жидкостная хроматография, см. *Хроматография газо-жидкостная*
Газойлы 1/920, 728, 927, 991, 1089, 1108; 2/166–170, 680, 682, 1005; 3/278, 325, 377, 449, 450, 739, 1061; 4/399, 461, 725, 928, 1059, 1060; 5/208
Газокинетические параметры
сечение реакции 2/192; 4/870
число 3/259
Газолин 2/1202
Газонаполненные материалы
бетоны 1/544; 4/133
вспениватели, см. *Порообразователи*
полимеры 3/327, 328, 1119, 1121. См. также *Пенопласты*
резиновые, см. *Пористая резина*
стеклянные, см. *Пористое стекло*
Газообразователи, см. *Порообразователи*
Газопереносящие среды 5/410
Газоперерабатывающие заводы 1/929
Газопоглотители 1/1063; 5/283, 284
Газопроницаемость 1/920, 757, 921
каучуков 2/706, 708
константа 2/198
полимеров 1/630, 920, 921; 3/1137
резины 1/630, 634, 637; 4/441, 442; 5/572
Газотурбинные нефтепродукты
масла 1/921, 922; 2/900; 3/276
топлива 1/922; 2/1005; 3/278
Газофазные реакции 1/43, 44. См. также *Парофазные методы (процессы)*, *Реакции химические*
алкилирование 5/982
биомолекулярные 1/546, 547
влияние среды 4/422, 423
гетерогенные 1/1049, 1058
гидрирование 5/133
гомогенные 1/1158; 2/850, 851
гомолиз 1/1162
горение 4/574
двухквантовые 2/4, 5
дегидрохлорирование 5/11, 12
и хемосорбция 5/448
ионное распыление 3/334
ионно-молекулярные 2/508, 509
кинетика 2/192, 754, 755, 897, 898, 902, 912, 913; 3/259, 426–430; 4/870
колебательные 2/850, 851
«концертные» 3/143
металлизация полимеров 3/71
механизмы 3/140–143
мономолекулярные 3/143, 257–260
обработки стекол 4/836–838
напыление 3/344
озонирование 3/659
окисление 2/850, 851; 3/346
– аммонолиз 3/672, 673; 5/381
осаждение, см. *Химическое осаждение из газовой фазы*
плазменные 3/1099, 1101
полимеризация 1/922, 923; 3/1266; 4/81, 893
рекомбинация 3/222
теория столкновений 4/870, 871, 872
фрагментация 5/364
фторирование 5/391, 393, 548
хемилуминесцентные 5/445, 446
химическое полирование 4/33
– травление 4/33, 1223
хлорирование 5/13, 580
цепные 5/688
эпитаксия 4/113
эффект джамперов 4/786
– клетки 2/810, 811
– компенсационный 2/868
– спиновый 2/1239
Газофракционирующие установки 1/927, 928; 2/843
Гайтлера–Лондона приближение 1/665, 666
Г-акции 1/130
Галазоллин 1/51, 52, 229; 2/413
Галазон 5/558
Галаксит 5/788
Галактами 3/615, 616, 896; 4/34, 35; 5/39
Галактоглюкоманнаны 1/1006; 2/1278
Галактоза 1/484, 744, 979, 1006, 1022, 1131, 1135, 1137, 1138; 2/232; 3/198; 4/35, 190, 215, 920, 1010; 5/201, 692, 693
D-изомер 2/659, 660, 857, 1162, 1163, 1196, 1228; 3/264, 269, 286, 748, 896; 4/431, 578, 1169; 5/37, 218, 605
Галактозамин 1/263, 264; 2/486; 4/1010
Галактозиды 1/472, 551, 552; 2/464; 4/431
Галактозилтрансфераза 4/1242
D-Галактозофосфаты 3/615, 616
Галактолипиды 2/141
Галактоманнаны 2/1278; 4/35, 38; 5/39
L,D-Галактоны 3/615, 616
D-Галактопираноза 1/31; 2/658, 1278
4-O-β-D-Галактопиранозил-3,6-ангидро-L,D-галактозы 1/32; 2/659
3-O-[6-O-(α-D-Галактопиранозил)-β-D-галактопиранозил]диацил-sn-глицерин 1/1130, 1131
4-O-β-D-Галактопиранозил-D-глюкоза 3/747
3-O-(β-D-Галактопиранозил)диацил-глицерин 1/1130, 1131
α-D-Галактопирано-β-D-маниопиранан 4/35
β-L-Галактофураноза 5/607
Галактоцереброзиды 5/693
D-Галактуронат 3/615, 616
Галактуроновая кислота 2/1233; 3/895, 896; 5/92, 93
D-Галактуроно-1-фосфат 3/615, 616
Галалит 2/802
Галантами 1/223, 224, 346; 5/1052
Галантин 2/1178, 1179
Галент 5/988
Галент 2/51, 334, 443, 551, 1159; 3/633; 4/560, 591, 603, 613, 630, 680, 911, 972, 1018
Галерта 2/802
Галидор 4/774, 775
Галилея
термоскоп 4/1077
число 3/1184; 4/1047
Галит 1/956; 2/562, 572; 3/164, 347, 369, 631, 863; 5/205, 551, 563
Галламы 1/935, 936; 5/669, 844
Галлаты 1/935, 936, 939
Галлены 5/128
Галлиды 1/935
Галлий 1/933, 1015; 4/431; 5/651, 936–938
амальгамы 1/222, 223
антимонид 1/937, 332, 935, 938; 2/1124; 4/111, 112, 948
арсенид 1/938, 385, 936, 940; 2/77, 209, 1042, 1124, 1318; 3/305, 774, 776; 4/102, 109–112, 114, 115, 117, 118; 5/363, 895, 898, 925
бораты 2/222
бромиды 1/604, 939; 5/367
галогениды 1/938, 937, 939
гидрид 1/1080
гидроксид 1/934, 935, 939, 1092; 4/711
гранаты 1/1035, 1185
интерметаллиды 3/348; 4/556
иодиды 1/939
нитрат 1/935, 939
нитрид 1/935; 2/209; 3/508, 509
оксиды 1/939, 935, 936, 1055; 4/835
определение 1/381, 936, 1218; 2/451, 710, 731, 1090, 1104, 1217, 1318; 3/124, 714, 1044, 1058; 4/397, 936; 5/335, 637
органические соединения 1/937, 166, 1104; 3/62, 314
перхлорат 3/990
получение 1/936, 977, 1020; 2/87; 3/413; 4/559, 1165; 5/746, 749, 898
применение 2/801, 936, 1119, 1226; 4/103, 106, 114, 115; 5/669, 920
свойства 1/934–936, 1092, 1093, 1215; 2/282, 383, 671, 788; 3/165, 439, 957, 958; 4/152, 349, 359, 813
селенид 1/935; 4/109, 115, 618, 619
сплавы 1/673, 935; 2/1008; 4/1180; 5/844, 897, 898
сульфиды 1/935; 4/637, 910
теллуриды 1/935; 4/109, 1023, 1024
феррит 5/163
фосфаты 1/935; 5/249
фосфид 1/940, 935; 2/1043, 1124; 3/256; 4/102, 107, 109, 111, 112, 118; 5/257, 925
фториды 1/939
халькогениды 1/935; 4/109, 115, 547, 618, 619, 637, 910, 1023, 1024
хлориды 1/673, 935, 936, 938, 939; 4/345, 1020; 5/16, 367
хлороарсенат 3/307
цианаты 5/702
Галит 1/934, 936; 2/451; 3/1054
Галловая кислота 1/940; 3/692, 693, 1054; 4/428; 5/202
эфиры 1/334; 2/305; 3/1088; 4/978
Галлодубильная кислота 1/870
Галлотаниновая кислота 4/978
Галлофлавин 1/940
Галлуазит 1/1141; 4/131
Галлюциогены 1/654; 2/457, 1176; 4/269, 654, 843–846; 5/968
Галаваксы 3/371; 5/568
2-Галогенадамантины 1/35
Галогеназиды 1/93
α-Галогенакролены 1/118
Галогеналифатические кислоты 1/1027, 1028
β-Галогеналкантиолы 3/733
Галогеналканы 3/407; 4/805
ω-Галогеналкилацетоксусные эфиры 5/641, 642
α-Галогеналкилбораны 1/599
бис-[2(β)-Галогеналкил]дисульфиды 3/733
α-Галогеналкилсульфамиды 5/96
Галогеналкилсульфиды 4/915
β-Галогеналкилсульфенилгалогениды 3/733
α-Галогеналкилсульфоны 5/96
β-Галогеналкильные радикалы 4/313

Галогенальдегиды и галогенкетоны 1/941, 237, 361, 567, 942, 943, 956, 981, 1221, 1222; 2/67, 245, 887, 911; 3/967; 4/68, 623, 1118, 1126, 1250
 N-Галогенамиды 1/1179, 1181; 2/1138, 1139
 Галогенамиды 1/93, 1181; 4/931, 932
 Галогенангидриды, кислоты карбоновые 1/942, 199, 270, 370, 371, 440, 442, 715, 718, 943, 1089, 1091, 1099, 1133, 1203; 2/14, 71, 82, 187, 417, 554, 645, 741, 887, 888, 1085; 3/21, 112, 280, 407, 498, 513, 523, 554, 671, 704, 707, 764, 782, 796; 4/272, 341, 538, 539, 802, 898, 925, 932, 990, 1135, 1136, 1164, 1200; 5/57, 65, 141, 238, 239, 265, 368, 369, 394, 786, 974, 978
 сульфидные 4/915
 сульфоновые 3/952, 980; 4/899, 900, 923, 1151
 угольная, см. *Фосген*
 фосфиновые и фосфоновые 2/122, 671, 811, 812; 5/260, 280, 296, 297
 Галогенантрахины 1/943, 139, 240, 356, 944, 945; 4/73, 1204
 Галогенарены 4/1123, 1124, 1160
 Галогенарилрование 3/9, 10
 Галогенарилитий 2/1203
 Галогенарсины 3/310
 N-Галогенациланилиды 3/814, 815
 Галогенацилены 5/1000
 N-Галоген-N-ацетилнафталины 3/815
 N-α-Галогенациламиналоновые эфиры 2/1139
 Галогенациламины 1/361
 Галогенациланилиды 3/814, 815
 o-Галогенбензойные кислоты 4/1146
 N-Галогенбензолсульфамиды 1/515
 Галогенбензолы 1/945, 983
 Галогенбензохионы 1/533
 α-Галогенбораны 1/602
 Галогенбутадены 5/373
 β-Галогенвинилкетоны 1/942; 2/887
 Галогенвисмутаты 1/736
 Галогенгерманы 1/1039, 1040
 Галогенгидантоины 2/18
 Галогенгидридная перегруппировка 1/960
 Галогенгидриды 1/959, 960, 1134; 2/14, 379; 3/732, 1024; 4/201; 5/961, 991, 993, 994. См. также *Галогеноспирты*
 Галогендекарбоксилирование 2/28
 l-Галоген-2,2-дифенилэтаны 2/182
 l-Галоген-1,2-дифенилэтилены 2/182
 Галогензамещенные углеводороды 1/945, 941, 943, 946–949, 955; 2/82, 432; 3/405, 573, 738, 739, 764, 785, 833, 884, 938, 1059, 1117; 5/60, 137, 391
 Галогенидные стекла 4/835–838
 Галогениды 1/949, 606, 950, 951, 970, 1164, 1191; 2/183, 495, 639; 3/392, 938, 1055, 1069; 4/272, 549, 979–983; 5/925, 926. См. также *Галогенфториды*, *Межгалогенные соединения*, *Полигалогениды* и *псевдогалогениды* 3/576
 как ионофоры 4/372
 как кристаллофосфоры 2/1061
 как минералы 3/165, 166
 как оптические материалы 2/1072
 как растворители 4/359
 металлы 1/137, 1193, 1194; 2/641, 1061, 1072; 3/510, 1044; 4/372, 668; 5/238. См. также *соединения отдельных химических элементов номенклатура* 3/577
 определение 2/1217; 3/64; 4/159
 органические 2/315, 639, 874, 889, 1103, 1166, 1193, 1194; 3/32; 4/595. См. также *Галогенангидриды*,

ды, *Галогензамещенные углеводороды*
 редкоземельных элементов 4/436, 435, 437
 N-Галогениды 1/951; 2/416; 4/895; 5/557
 Галогенирование 1/952, 140, 592, 593, 941, 942, 948, 1004, 1005; 2/10, 90, 95, 116, 121, 245, 247, 285, 360, 411, 416, 419, 642, 645, 943, 1137; 3/346, 387, 414, 556, 710, 738, 938, 951, 1054; 4/66, 273, 581, 740, 933, 1055, 1156, 1165, 1201, 1202; 5/10, 141, 294, 295, 553. См. также *Перегалогенирование*, *реакции соответствующих галогенов*
 гетеролитическое 1/1060
 заместительное 1/952–954; 2/409, 441, 651, 745; 3/101; 5/428, 907
 – по Бородину–Хунсдиккеру 1/592, 593
 – по Волю–Циглеру 1/824, 825
 – по Гаттерману–Коху 1/983
 – по Геллю–Фольгарду–Зелинскому 1/1004, 1005
 – по Зандмейеру 2/315
 – по Финкельштайну 5/195; 1/948, 953; 2/32; 3/938
 – по Шиману 5/781
 низкотемпературное 2/1034
 присоединительное 1/954, 955. См. также *Гидрогалогенирование*
 радикальное 4/304; 5/682, 683
 расщепление, см. *Галоформная реакция*
 твердофазное 4/1002
 электрохимическое 5/923
 α-Галогенкапролактамы 2/1176
 Галогенкарбеновые комплексы переходных металлов 2/626
 Галогенкарбонильные соединения 1/602, 1221, 1222; 2/457; 3/966, 967; 5/195, 256, 260, 266, 778
 Галогенкарбеновые кислоты 1/955, 543, 956, 981, 1221, 1222; 2/643, 646, 648, 1141, 1143, 1144, 1262; 3/530, 967; 4/73; 5/582, 584, 784. См. также *Трифторнадуксусная кислота*, *Трифторуксусная кислота*, *Фторуксусная кислота*, *Хлорпропионовая кислота*, *Хлоруксусные кислоты*
 азиды 2/1106
 амиды 2/1139; 5/96
 галогенангидриды 1/1005; 2/741; 5/197
 эфиры 1/198, 1005, 1147, 1148; 2/647, 1139; 3/32, 557; 4/512, 513
 Галогенкарбораны 2/651
 Галогенкарбосиланы 3/800
 Галогенкетоны 5/95, 96
 Галогенколлиды 2/858
 8-Галогенксантины 2/1084
 Галогенкетоны, см. *Галогенальдегиды и галогенкетоны*
 Галогенметаны 3/661
 α-Галогеннитрилы 1/602
 α-Галогенинитроалканы 3/531, 557
 α-Галогенинитрозооксиды 3/702
 Галогенинитрозосоединения 1/172; 3/702
 Галогенные газоанализаторы 1/894, 895
 Галогенные породы 1/956, 957
 Галогеноаураты 2/332, 333
 Галогеноводородные кислоты 1/949, 951, 1099, 1145, 1146; 2/75; 3/246, 761, 764, 796; 4/636, 638, 877. См. также *Галогеноводороды*
 хлористоводородная, см. *Соляная кислота*
 Галогеноводороды 1/118, 429, 943, 948, 951, 953–956, 1083, 1084, 1134; 2/13, 14, 71, 92, 100, 140, 246, 282, 887, 889, 1103; 3/58, 59, 109, 119,

513, 732, 738, 761, 762, 832, 1025, 1027, 1028, 1059; 4/205, 660, 713, 1056; 5/548, 570, 710, 714, 733, 939, 991. См. также *Бромистый водород*, *Галогеноводородные кислоты*, *Иодистый водород*, *Фтористый водород*, *Хлористый водород*
 Галогенодихионы 3/225
 Галогенодиоксиды, см. *Галогенкарбонные кислоты*
 Галогенооксиды 2/1088
 Галогенооксиды 1/1191
 Галогенооксисиланы 2/1022
 Галогеноолефины 4/525, 1123, 1124
 Галогенолиз 3/983
 α-Галогенолы 1/1005
 Галогеномасляные кислоты 2/1080
 β-Галогеномасляный альдегид 2/1081
 Галогенометаллаты 1/949, 950
 3-Галогенометил-2,2-диметилениорборан 2/598
 Галогеноновые соединения 1/957, 958, 959; 3/722
 Галогенононбеновые кислоты 3/495, 496
 Галогеноорганосилины 3/315
 Галогеносеребряные фотоматериалы 1/623, 624, 952; 2/37, 233, 234; 3/132; 4/252–255, 504–506, 624–627; 5/315–333, 339, 357, 452–457
 Галогеносеребряные электроды 5/841–844
 Галогеносили, см. *Минералы*
 Галогеноспирты 1/952, 956, 960, 1005; 4/800. См. также *Галогенгидриды*
 Галогеностаннаты 3/750
 Галогенотехниаты 4/1112*
 Галогенотехнические реакции 3/981
 Галогенохромы 5/610
 Галогеноциркуаты 5/764
 4-Галогенипирозолы 3/1034
 Галогенипиридины 3/1043, 1044
 N-Галогенипиридиновые соли 2/645
 Галогенипиридины 2/142
 Галогениполисилоксановые масла 2/961
 3-Галогенпропанола 3/685
 γ-Галогенпропиламины 1/71
 β-Галогенпропионовый альдегид 1/118
 Галогенсалициланилиды 1/337
 Галогенсиланы 3/180, 807; 5/60
 Галогенстиролы 5/122
 N-Галогенсукцинимиды 1/633, 951; 4/895
 N-Галогенсульфамиды 4/898, 899
 α-Галогенсульфамиды 4/272, 913
 α-Галогенсульфоксиды 4/926
 Галогенсульфониевые соединения 4/931
 α-Галоген-α-сульфонилкетоны 4/343
 Галогенсульфоновые кислоты 4/906, 907, 917
 α-Галогенсульфоны 1/1221; 4/343, 344, 933
 Галогентерфенилы 4/1095
 Галогентиофосфаты 1/960, 961. См. также *Галогенфосфаты*
 S-Галогентиоугольная кислота, O-эфиры 4/1153
 Галогентиофосфаты 1/361, 362
 Галогенуглеводороды, см. *Галогензамещенные углеводороды*
 Галогенуглероды 4/1192. См. также *Четыреххлористый углерод*
 Галогенуксусные кислоты 1/602; 3/938. См. также *Трифторуксусная кислота*, *Фторуксусная кислота*, *Хлоруксусные кислоты*
 5-Галогенурацилы 3/295
 Галогенфенолы 1/1026, 1027; 4/59, 94, 340, 448; 5/942
 Галогенфенолаты 4/60

Галогенфосфаты 1/961, 962; 3/111, 112, 124. См. также *Галогентиофосфаты*
 Галогенфосфины 1/963, 964, 965; 2/122, 811, 812, 926; 3/111; 5/264
 Галогенфосфиты 1/965, 360
 Галогенфосфонаты 3/124
 Галогенфосфониты 5/279
 Галогенфосфораны 5/242, 259, 264, 294, 295
 N-Галогенфталимиды 1/951
 Галогенфториды 1/966, 949, 967, 968; 3/11, 12; 4/339; 5/388, 389, 390, 391, 393, 553
 Галогенфторсиланы 2/1031
 Галоген-(β-хлорэтил)пиридины 1/63
 Галогенидины 1/968, 969; 3/370, 516; 4/1253; 5/369, 702
 Галогенидины 4/1166
 α-Галогенидилобутаноны 5/96
 α-Галогенидилоксаноны 2/911
 Галогенициклопексаны 2/913
 Галогенициклопропаны 5/740
 (Галогенициклопропаны) 5/980
 Галогены 1/969, 970; 2/416, 767; 3/142, 226, 346, 411, 414, 956, 974, 986; 4/177, 805; 5/386, 494, 605, 776, 904. См. также *Галогенирование*, *Перегалогенирование*
 астат 1/397, 398, 969, 970
 бром, см. *Бром*, *Бромистый водород*
 иод, см. *Иод*, *Иодистый водород*
 как лиганды 2/793; 3/735
 как нуклеофилы 3/602–604
 как окислители 3/662
 как органические 3/785, 950; 4/533
 коррозионная активность 2/948, 949, 1333
 определение 2/654, 1083, 1100, 1148; 3/169, 170; 4/158, 159, 1056; 5/781
 радикальная миграция 3/932
 соединения межгалогенные 3/11, 12, 1237
 – «остаточные» 1/1194
 сродство к электрону 4/813
 фтор, см. *Галогенфториды*, *Фтор*, *Фтористый водород*
 хлор, см. *Соляная кислота*, *Хлор*
 цианиды, см. *Галогеницианы*
 Галогенэфиры карбоновых кислот 1/423; 2/14; 4/512
 Галоидирование, см. *Галогенирование*
 Галоиды, см. *Галогены*
 Галоктонизация 2/646
 Галомиины 1/302
 Галоперидол 1/238; 3/398, 1031; 4/269
 Галофлекс 4/28, 803
 Галоформная реакция 1/970, 941, 971; 2/647; 5/995. См. также *Галоформы*
 Галоформы 1/602, 970, 971; 2/36, 622, 623; 4/340. См. также *Хлороформ*
 Галофосфатные люминофоры 2/1225, 1226
 Галургия 1/971, 972; 2/562, 563; 3/416; 4/354, 355, 358, 746
 Гальвани-потенциал(ы) 2/2, 23, 24; 3/431
 равновесная разность, см. *Окислительно-восстановительные потенциалы*
 Гальваническая защита материалов 2/323
 Гальванические газоанализаторы 2/768
 Гальванические покрытия 1/973–977; 2/950
 Гальванические элементы 1/972, 109, 111, 973; 3/134; 4/544, 638, 1115; 5/917, 918, 921–923
 в потенциометрии 4/154, 155
 Вестона 3/582, 583
 воздушно-цинковые 1/972, 973; 3/355

- Даниеля-Якоби 1/1221; 5/489, 919
деполяризаторы 4/546
Джарка 3/583; 5/915, 916
Лекланше 2/1162
марганцево-магнелиевые 2/1162
марганцево-цинковые 1/972, 1221; 2/1162
нормальные 3/582, 583; 4/549; 5/918
окислительно-восстановительные реакции 3/664; 4/155
резервные 1/973
ртутно-цинковые 1/972; 3/583
сухие 2/1162
электрическая работа 2/1269, 1270
электроды сравнения 4/819–821
Гальванопластика 1/973, 977; 5/926, 988
Гальваностегия 1/973–976; 5/911
Гальванотехника 1/973, 974–977; 2/321, 872, 950; 3/71, 94; 5/703, 853, 854, 895, 922. См. также отдельные методы
Гальвиноксильный радикал 1/977, 371, 978
Гамилтониан(ы), операторы 1/404; 2/718, 719, 721–723, 918; 3/206, 222, 223, 233, 778, 1174, 1175, 1178; 4/119, 120, 688, 787, 788, 796–798, 824; 5/31, 643
ГАМК, кислота 3/578
Гамма-абсорбционные методы анализа 1/978
обогащение полезных ископаемых 3/636
Гамма-излучение 3/64–68, 403, 635, 758, 1151; 4/289, 294, 295, 297, 298, 321, 325–327, 329–332, 1076. См. также *Ионизирующие излучения, Радиоактивность*
Гамма-кислота 1/255, 257
Гамма-лазеры 2/1119
Гамма-резонанс ядерный 3/64–68, 229. См. также *Мёсбауэровская спектроскопия*
Гамма-резонансная спектроскопия 3/141, 229. См. также *Мёсбауэровская спектроскопия*
Гаммафос 4/726
Гаммента
постулат 5/423, 424
уравнение и константы 1/604, 605; 2/435, 461, 646, 939; 3/30, 551; 5/907
функция кислотности 2/773, 783, 784
Ганглерон 4/774; 5/592
Ганглиоблокаторы 1/979
Ганглиоблокирующие средства 1/979; 4/773, 813; 5/278, 525, 591
Ганглиозиды 1/979, 980, 1137, 1140; 2/1189; 3/49; 4/968; 5/692, 693
Ганглиолитики 1/979
Ганглиоплегики 1/979
Ганглиотетраозилцерамид 1/1139, 1140
Ганглиотетраозы 1/980, 1140
Ганий 3/488; 5/929
Ганит (ганнит) 1/206; 2/222; 5/788
Ганношпинель 5/788
Гантанол 4/901, 902
Гантрезы 3/1227
Ганча
синтезы 1/980, 981; 2/858; 4/1118; 5/713
химическая теория кислот 2/778
Ганча-Бейера синтез 1/980
Ганча-Видмана номенклатура 3/575
Гаприи 2/232
Гапены 1/323; 2/188
Гапто... 1/981; 2/274–276
Гаптосоединения 1/980. См. также *Комплексы переходных металлов*
железоорганические 2/274, 275, 276, 362
Гаптотропные реакции 4/665
Гариодиориты 4/561
Гардоиа 2/472
Гарлои 1/1028
Гармалии 2/636
Гарман 2/457, 636
Гармии 2/636, 1218
Гармонического осциллятора модель 1/926
Гарниерит 3/472
Гарниссаж, метод 2/223
Гарпунный механизм реакции 3/142
Гартмана излучатель 4/348
Гастриксии 4/217
Гастрии 1/981, 982; 3/199; 4/758
Гаттермана синтез 1/982, 199, 201, 487, 948, 983; 2/73, 75, 90, 315, 419; 3/689, 703; 5/224, 449
Гаттермана-Коха реакция 1/983, 199, 943, 954; 3/682; 4/1200; 5/224, 369
Гаусманит 2/1286, 1291
Гаусса
базисные функции 2/1210, 1211
линия спектра ЭПР 5/887, 888
метод взвешивания 1/700
орбитали 3/223, 783
Гаусса-Зейделя метод 3/1111
Гафний 1/983, 380, 381; 4/349, 350, 431; 5/936, 937
арсенат 1/986
борид 1/583, 584, 986
германаты 1/1035
германий 1/1037
гидроксиды 1/985, 986
гидроксопроизводные 1/985
интерметаллиды 2/485
иодид 1/985
карбид 1/986; 2/624, 737; 3/499, 1093; 4/1009
нитрид 1/985, 986; 2/737; 3/249, 509, 1093; 4/1009
оксиды 1/984–986; 2/734; 3/91, 498; 5/861
определение 1/986; 2/710, 731, 1104, 1224; 3/124; 4/786; 5/128, 762
органические соединения 1/987, 364, 365; 2/731; 4/856; 5/383
пероксокомплексы 3/975
перхлорат 3/990
получение 1/986, 1022; 2/496, 519, 1045; 3/90, 91; 4/562, 621, 681, 1103, 1104, 1165; 5/497, 833
применение 1/819, 986, 987; 2/537; 4/142, 809, 835
свойства 1/983–986, 1018; 2/84; 3/96, 99, 165, 958, 959; 4/434, 574, 813, 1009; 5/760, 762, 928
селенид 4/618
силицид 4/684
сплавы 1/819; 2/537, 548; 3/249; 4/809, 984, 985, 1180; 5/80
сульфат 1/985
фосфат 1/986
фторид 1/985, 986
хлориды 1/985–987; 2/1107; 3/1069; 4/892
цианиды 1/986
ГАХ, см. *Газоадсорбционная хроматография*
Гачи 4/1059
Гашеная известь 1/771, 870; 2/348–350, 586
Гаюи закон 2/1065
Гвайазулен 1/104, 105
Гвайол 1/105
Гваяковая смола 2/336
Гвайион 1/987, 573, 680, 988; 2/15, 226; 3/1057; 4/576; 5/800, 1008
Гвианит 5/616
Гвоздичное масло 1/510; 2/408, 654; 5/130, 800, 1003, 1004, 1006
ГДФ, см. *Гуанозиндифосфат*
Где иасосы 3/344
Гедели 5/144
Гейбербергит 4/708
Гейгера-Мюллера счетчики 1/978; 2/220; 4/329, 330, 1111
Гейкилит 4/1184
Гейланд цикл 5/602
Гейландит 5/681
Гей-Люссака законы 1/988, 924; 3/413; 4/866; 5/508
Гейровского метод 1/808
Гейтера-Клайзена конденсация 1/195
Гексаалкилдианины 3/762, 763
Гексаалкилтриаминоалкилфосфоний 1/752
Гексааминокобальтхлорид 2/934
Гексаарилдианины 3/762, 763
Гексаарилэтаны 4/1254
Гексабарбитал-натрий 1/999
Гексабораны 1/590
Гексабораты 1/580, 581
Гексабромбензол 1/335; 4/1138; 5/722
Гексабромоловинная кислота 3/752
Гексабромостаннаты 3/752
Гексагалогенбензолы 2/396
Гексагелииен 2/367; 3/773
Гексагидроазетин 1/989, 990
Гексагидро-2-азепинон 2/615, 616, 1137
1,2,4,5,6,8-Гексагидроантрахион 1/940; 3/689, 691
Гексагидробензиламины 1/494
цис-Гексагидроизофталевая кислота 2/396
1,2,3,4,4а,9а-Гексагидрокарбазол 2/618
Гексагидроксидантрахион 1/986; 5/762
4,4',5,5',6,6'-Гексагидроксидифеновая кислота 4/978
Гексагидроксидициклогексаны 3/723; 5/714, 715
Гексагидроксиантимонаты 4/944, 948
Гексагидроксохромовая кислота 4/944
2,3,3а,4,5,6-Гексагидро-8-метил-1Н-пиразин[3.2.1-j,k]карбазолгидрохлорид 3/1032
Гексагидропериллен 3/950
Гексагидропиризин 3/1029
1,2,3,6,7,10-Гексагидропириин 3/1039
Гексагидропиридин 3/1029, 1030
Гексагидро-о-толуиловая кислота 5/378
Гексагидро-1,3,5-триазины 4/1249
Гексагидрофенол 4/801, 802
Гексагидрофталевая кислота 5/378
Гексагидрофталевый ангидрид 3/1201; 5/964
Гексагидрохинолиновая кислота 5/527
Гексадекaborан 1/588
(Е)-10-(Z)-12-Гексадекадиенол 1/415; 5/161
Гексадекан 3/345
Гексадекановая кислота 1/827, 863, 864; 2/643, 644; 3/876. См. также *Пальмитиновая кислота*
Гексадекановый спирт 1/826
Гексадеканол 3/876
Гексадекафторотрисиликаты 5/407
9-Гексадеценная кислота 2/303, 307
16-Гексадец-7-еноид 3/291, 292
1-О-Гексадецил-2-ацетил-3-глицеро-3-фосфохолин 1/165
Гексадециловый спирт 1/866
1,4-Гексадиен 5/991
Гексадиеналь 4/768
транс-, транс-2,4-Гексадиеновая кислота 4/206, 768
транс-, транс-2,4-Гексадиенол 4/800
Гексадиены 1/628; 2/99; 3/104, 519
2,4-Гексадин-1,6-диол 4/195
Гексадион 1/1033; 4/1249
Гексаизопропилбензол 2/380
Гексакани 3/68
Гексакарбонилванадий 1/675
Гексаказановая кислота 1/826, 827
Гексаказанол 1/827
Гексаметапол 1/112; 2/105, 647; 3/110, 186, 552; 4/750, 1135, 1160; 5/304, 305, 449
«Гексаметафосфат» 5/248
Гексаметилбензол 3/478
Гексаметилвольфрам 1/824
Гексаметилдибутоксисилан 2/1023
Гексаметилдисулан 2/1020, 1022; 3/805; 4/682, 1135
Гексаметилдисилан 2/1020
Гексаметилдисулфоксан 2/1020, 1022, 1023; 3/806
Гексаметилдифенилтрисилан 2/1022
Гексаметиленадиамид 3/1251
N-Гексаметилен-N'-бутансульфонил-мочевина 4/495
Гексаметиленидиамин 1/988, 47, 989, 990, 1210; 2/867; 3/1206, 1239; 5/961
Гексаметиленидиизоцианат 1/989, 988; 2/401, 406; 4/54
Гексаметиленидисулан 3/717
Гексаметиленимин 1/989, 453, 990; 2/421
Гексаметилениминий, гексаметиленидиноксидкарбамат 1/989, 990
N,N'-бис-(Гексаметилени)мочевина 1/495, 990
Гексаметилентетрамин 1/990, 86, 194, 197, 337, 338, 590, 1000; 2/1, 31, 32, 340, 694; 3/108, 113, 568, 729, 1088; 4/256, 449, 508, 759, 760, 1200; 5/134–137, 143, 222, 224, 430, 561. См. также *Уротропин*
1,1,2,3,3,5-Гексаметилдиан 3/292
Гексаметилкарбодифосфоран 2/631
Гексаметилолмеламины 3/35
2,6,10,15,19,23-Гексаметилтетракоза-2,6,10,14,18,22-гексаен 4/713
2,6,10,15,19,23-Гексаметилтетракозан 4/713
Гексаметил-3-тиа-2,4-диокса-1,5-ди-силан-3,3-диоксид 2/1023
Гексаметилтриамидофосфат 5/304, 305
Гексаметилтрисилан 2/1023
Гексаметилфосфортриамид 1/943; 3/360, 1209, 1210; 4/60, 750; 5/304, 305
2,2,4,4,6,6-Гексаметил-1,3,5-циклогексантрион 4/1269
Гексаметилциклотрисилазы 3/805
Гексаметилциклотрисилан 3/807
Гексаметилэтан 3/330
3',4',5',6',7',8'-Гексаметоксифлавон 5/200
Гексамиди 4/240, 241
Гексамин 1/990
Гексаминиевые соли, моноалкилы 1/990
Гексан 1/991, 6–8, 52, 648, 909, 913, 914, 930; 2/5, 297, 365, 376, 638; 3/225, 345, 347, 462, 466, 891, 1040; 4/169, 359, 631, 750, 969; 5/681, 714, 791, 992
Гексаль 5/1004
1,6-Гексадиамин 1/988, 989
1,6-Гексадиизоцианат 1/989
1,6-Гексадинитрил 1/47
1,6-Гексадиол 5/981
Гексанитробензол 1/991, 607
Гексанитрофенил 2/133
2,2',4',4',6',6'-Гексанитрофениламин 1/999
Гексанитрокобальтаты 2/821, 822
Гексанитростильбен 4/1082

- Гексаноат, метаболизм 3/613
Гексановая кислота 1/863, 864; 2/616, 643, 644; 3/613, 1089
3-Гексанол 1/140; 5/779
Гексаноны 2/744
4,7,10,16,19,24-Гексаокса-1,3-диазабн-цикло[11.8.5]гексаокзан 2/1036
1,2,6-Гексаитринитрил 1/1071
Гексаоксациклопропан 5/719, 720
Гексоксибензол, «соли» 1/170
Гексоксидифторид 2/769
Гексогидридидивинил 4/596
Гексогидридидивинил 2/1011, 1017
Гексапентаены 2/1102, 1103
Гексарезорциновая смола 4/449
Гексатриен 5/443, 647
Гексафенилдицилан 2/1025
Гексафенилкарбодифосфоран 2/630, 631
Гексаферриты 2/1240; 5/162–164
Гексафторантимоанаты 1/959; 5/781
Гексафторациллатетон 1/991, 992; 3/688; 5/610
Гексафторацион 1/992, 993–995, 1077; 3/982, 985; 4/623; 5/405
Гексафторбензол 1/993, 915, 995; 2/137; 4/67, 1138; 5/404, 406
Гексафтор-2-бутин 3/1225
Гексафтордиан 1/993, 994
Гексафтордисилан 2/1031
Гексафтордисилоксан 2/1031
Гексафтордифенилпропан 1/993, 992, 994
Гексафторизопреноловый спирт 1/994, 992
Гексафторсилолы 1/996
Гексафторарсенаты 3/306
Гексафтороураты 2/137, 332, 333
Гексафтороплатинаты 2/136, 137; 3/971
Гексафторостаниаты 3/751
Гексафторосурьмяная кислота 2/137
Гексафтороурановая кислота 5/82
Гексафторофосфорная кислота 2/798; 5/408
1,1,1,5,5,5-Гексафтор-2,4-пентадион 1/991, 992
1,1,1,3,3,3-Гексафторпропан 1/1085
1,1,1,3,3,3-Гексафтор-2-пропанол 1/994; 3/1247; 4/805
Гексафторпропилен 1/994, 714, 995, 1045; 2/623, 1150; 3/981, 985; 4/544, 1104; 5/389, 397, 401, 403–405
Гексафторпропиленоксид 1/995, 992; 5/394
Гексафторсилкаты 5/407, 781
Гексафторсульфид 2/300
1,1,1,3,3,3-Гексафтор-2-трифторметил-2-нитропропан 3/983
1,1,1,3,3,3-Гексафтор-2-трифторметил-пропанол 4/805
Гексафторфосфаты 5/781
Гексафторциклобутанон 3/985
Гексафторциклобутен 3/985, 986
Гексафторэтан 3/986
Гексафторэтилен 5/406
Гексахлоран 1/946, 996, 997. См. также Гексахлорциклогексан
Гексахлорацион 1/971, 992; 5/580
Гексахлорбензол 1/995, 993, 997; 2/201, 239; 3/333, 916; 4/554, 668, 1056, 1104, 1105, 1138; 5/418, 588
2,3,4,5,7,8-Гексахлорбидицикло[4.2.0]октан 5/729
Гексахлорбутандиен 1/948, 949; 3/1059
Гексахлор-2-бутен 2/85
Гексахлордицилан 2/1032; 3/801
Гексахлорсилолы 1/996, 646, 719; 2/397; 4/1056; 5/566
Гексахлорборен 1/997
Гексахлороридаты 2/535, 536
Гексахлоропалладиевая кислота 3/872
Гексахлороплатинаты 3/1129
Гексахлороплатиноводородная кислота 3/79
Гексахлорополонаты 4/99
Гексахлороселенистая кислота 4/614
Гексахлоротеллуриды 4/1020
Гексахлорофен 1/452
Гексахлорперилен 3/950
Гексахлортитановая кислота 4/1183
Гексахлорциклогексан 1/996, 512, 946, 948, 949, 997; 2/469; 3/993; 4/247; 5/11, 416
Гексахлор-1,3-циклопентадиен 1/997, 998; 2/93, 469; 3/579; 5/733, 734
Гексахлорциклофосфазен 4/65
Гексахлорэтан 1/998, 1216; 2/239, 240; 4/225, 357, 1106; 5/12, 13, 776
Гексацен 5/647
Гексацанобензол 5/705
Гексацанокобальтаты 2/822
Гексацаноферратная кислота 2/565; 5/703
Гексацаноферраты 1/976; 4/894
Гексацаноэтан 5/706
Гексациклофосфаты 5/249
Гексацилидисилоксан 2/1023
Гексен(ы) 1/998, 923, 999; 4/23, 81; 5/779, 983
Гексенал 1/999, 455; 4/812, 1143
3-Гексен-1-ол 2/238; 4/800
Гексил 1/999, 607; 2/133
Гексил, заместитель 3/569
Гексилбромид 3/32
3-Гексил-4-гидрокситетрагидропиран 2/251
α-Гексилкоричный альдегид 1/487; 2/251; 3/725
2-Гексил-3-метил-2-циклопентен-1-он 2/252
Гексильные спирты 1/866; 3/917, 918; 5/382
Гексильные эфиры, кислота капроновая 2/616
пропионовая 4/207
4-Гексилрезорцин 4/448
Гексилтеобромин 4/775
Гексилтрихлорсилан 2/1032
Гексилур 1/1032
Гексилцеллозольв 5/659
3-Гексин 1/431
3-Гексинол 4/800
Гексоген 1/1000, 280, 608, 705, 706, 990; 3/503, 530, 729; 4/162, 731, 1082, 1249, 1267
Гексозамин 1/979; 3/254
Гексозаны 1/1006, 1102; 2/223
Гексозилтрансферазы 1/1131
Гексозомонофосфатный шунт 3/918–921
D-Гексозо-6-фосфат 1/1000
Гексозофосфатизомеразы 3/918
Гексозы 1/260, 1000, 1006, 1100–1103, 1146; 2/226; 3/263, 268–270, 623, 746; 4/37, 38, 1242
Гексокиназа 1/1000, 1001, 1136; 4/1242
Гексулоза(ы) 1/1146
D-арабино- 3/264; 5/375
D-ксило- 3/264
D-лико- 3/264
D-рибо- 3/264
Гектан 3/345
Гелевая технология 2/338–340. См. также Золь-гель процесс
Гелеобразные соединения. См. также Гели
водонаполненные, агар 1/32; 2/1187
– ВВ 1/281
гидратцеллюлоза 1/731
гидроксиды 1/1092; 2/1329
декстраны 2/422
инообимные смолы 2/520, 701, 1268
искусственная пища 2/535
каррагинаны 2/659, 660
кислота(ы), альгиновые 1/192, 193
– кремнефтористоводородная 2/1009
– метакремниевая 4/673
латексы 2/1149, 1151
метилцеллюлоза 3/126
мыла 3/301, 302
нефтяные битумы 1/565
пектины 3/896
полимеры 1/555; 2/395, 422, 867; 3/1199; 4/191, 523
– шитые, см. Полимерные гидрогели
полисахариды 4/35
ракетные топлива 4/342
силикагель 4/672, 673
стекла 4/839, 841
Гели 1/1001, 1002; 2/332, 338–340, 376; 4/662; 5/38, 39, 149, 150, 425, 547, 680, 681, 812–817, 871. См. также Гель-эффект
и золи, см. Золи. Золь-гель процесс
и катализаторы 2/674, 675
и коагуляция 2/816
и крашение, см. Крашение волокон
и мицеллообразование 3/182, 185
и отверждение 3/839, 840
и суспензии 4/952
и хроматография, см. Гель-хроматография
и электрофорез 3/588, 589, 600; 5/865
как дисперсные системы 2/153; 4/886
как пластификаторы 4/731
как студни 4/887–889
кольца Лизегаганга 2/1259
лиофильные 2/520, 1183
липидный бислой 2/1186
плотность упаковки 4/132
соединения, см. Гелеобразные соединения, Гель-иммобилизованные системы
термообратимые 2/659
Гелий 1/1002, 568, 569, 1003, 1004; 2/789; 5/936, 937
водородоподобный 1/787
жидкий 2/299; 4/300, 587
космического вещества 2/962
молекулярные комплексы 3/18
– пучки 3/240
определение 1/885, 915, 1003
получение 1/570, 797, 929–931, 1003; 2/25, 392; 3/42, 411; 5/1018
применение 1/1003, 1004; 2/625, 1117–1119, 1124; 3/885; 4/967, 1244; 5/435, 593, 604, 618, 628, 802
сверхтекучесть 1/1003; 2/385, 1035; 5/102, 103
свойства 1/6–8, 399, 400, 406, 949, 1002, 1015; 2/189, 198, 299, 385, 500, 503, 722, 767, 1073, 1077; 3/96, 164, 605, 606, 960, 961, 1093; 4/152, 318, 336, 813; 5/2, 362, 387
Гелиодор 1/535
Гелиотермические печи 3/999
Гелиотриды 3/1082
Гелиотропин 1/1004, 504, 505; 2/237; 3/134; 4/581
Гелиофоры 3/837
Гелицины 2/367; 3/773; 4/390, 1214; 5/538, 542, 952
Гелля–Фольгарта–Зелинского реакция 1/1004, 953, 956, 1005; 2/645
Гельвии 1/535
Гельволевая кислота 5/411
Гельволиновая кислота 5/411
Гельданомины 1/302
Гель-иммобилизованные системы 2/422; 3/1229
Гельмоглицы
плоскости 2/3, 4
потенциал 4/1040, 1071
функция 4/1071
энергия 2/1269; 3/885; 4/106, 1082, 1040, 1071, 1073; 5/69, 1046, 498, 505
Гельминтоспорины 4/428
Гель-поддерживающее осаждающее 2/340
Гель-точка 1/1001
Гельфериха модификация 1/1002; 2/732
Гель-хроматография 1/32; 2/31, 35; 3/719; 4/1011
проникающая 1/475, 478, 1002; 2/295; 3/221; 5/159, 813, 817
филтрационная 2/295, 395, 422; 1187, 1199; 3/929; 5/813, 817
Гель-формование 5/236
Гель-электрофорез 3/588, 589, 600
Гель-эффект 3/840; 4/308
Гем 1/1006, 1007; 2/22, 279, 1164; 3/175, 1079; 5/771, 772
Гем... 1/1005
Гемагглютинация 1/603
Гематит 2/254, 268–270, 274, 606; 3/165, 167, 633, 634, 698; 4/560
Гематоксилан 2/974
Гематопорфирин 4/145, 146, 149
Гемимеллитовая кислота 1/513, 514; 3/371
Геминальные соединения 1/360, 953; 955, 1005, 1133; 2/14, 747; 3/324, 529, 531, 1026; 4/309, 340, 341; 5/336, 337
Гемин 3/786
Гемиксиды, см. Оксиды
Гемипиоцины 2/975
Гемилцеллюлозы 3/156
Гемилцеллюлозы 1/1005, 622, 1006; 1100, 1101, 1103; 2/223, 994, 1172; 1174, 1278; 3/43, 896, 1060; 4/35, 36; 5/38, 92, 515, 664
Гемиданилиновые красители 3/129, 130, 131
Гемиданилины 3/129
Гемовое железо 2/242
Гемоглобин(ы) 1/1006, 155, 306, 322, 328, 470–472, 474, 484, 533, 1007–1009, 1094, 1096, 1116, 1124; 2/132, 240, 242, 270, 279, 661, 767, 1078, 1224; 3/175, 212, 300, 507, 519, 523, 527, 561, 566, 622, 627, 853, 871; 1080; 4/144–146, 524, 696; 5/46, 121, 123, 126, 441, 560, 819, 1036, 1057
Гемодез 2/1078
Гемодиализаторы 3/56
Гемодинамические кровезаменители 2/1078
Геможель 2/1078
Гемозоль 2/141
Гемополиаминокислоты 3/930, 934
Гемопротенды 5/772. См. также Цитохромы
Гемосорбция 1/63; 2/505; 5/447
Гемостатические материалы 3/203
Гемотоксины 5/1035–1037
Гемоцианы 1/1006; 2/240
Гемп 5/304
Гемухолевая кислота 2/278
Гемфибозил 1/1119
Гемэритрины 1/1006
Гениамиды 3/741
Генера число 2/306; 5/25, 551
Генеральные пробы 4/179–183
Генераторные газы 1/878–880; 4/633, 651
Генераторы
аэрозольные 3/993
Винклера 1/879
горючих газов 1/878–880
изотопные 2/383; 3/1130; 4/332, 335, 337
катоды 2/548
квантовые 2/1083

- Копперс-Тоттук 1/879
кхронинные 5/604
Лурги 1/879
магнитогидродинамические 5/656
нейтронов 2/502, 503; 3/403; 5/4, 1022
пен 3/921
термоэлектрические 1/735; 2/537; 5/748
электроудовые 3/1099
электрохимические 4/1211; 5/847.
См. также *Топливные элементы*
Генетическая инженерия 1/1011, 482, 483, 552, 555, 559, 1010, 1012, 1172; 2/476, 478, 1325; 3/152, 155, 212, 590, 594, 627, 934, 1097; 4/509, 510, 519, 758, 759, 1170, 1196, 1244; 5/111, 818. См. также *Генетический код*, *Гены*, *Мигрирующие генетические элементы*
Генетический код 1/1012, 1011, 1013, 1163; 2/877, 1323, 1324; 3/211, 300; 4/521, 1229, 1231, 1238, 1240; 5/636
Генетический ряд 1/1163
Генины 1/1129; 2/959; 5/1044
Генная инженерия, см. *Генетическая инженерия*
Генные карты 1/1009, 1010
Геномы 1/1013, 1008, 1009, 1014. См. также *Генетический код*, *Гены*, *вирусов* 1/470; 3/587, 588, 594
ДНК и РНК, см. *Нуклеиновые кислоты*
мутации 2/293, 299–301
непостоянство, см. *Мигрирующие генетические элементы*, *Рекомбинация генетическая*
повреждения, репарации 3/212
репликация 4/496
экспрессия генов 5/818, 620; 1/1009; 3/175, 587; 4/426–428, 1236
Генри
закон 1/1014, 5, 55, 126, 127, 1015; 2/1254, 1305; 4/356, 365, 388; 5/101
постоянная 1/1014, 1015
число 4/378, 380
Гентамицины 1/245, 246
Гентанин 4/1116
Гентизат, метаболизм 3/613
Гентизин 2/974
Гентизиновая кислота 3/613, 692, 693
Генцианин 3/1048
Генцианоза 3/748; 4/582
Генциобиза 2/1144; 3/748, 1089
Гены 1/1009, 551, 552, 559, 1010, 1172; 2/581, 1322–1325; 3/211, 212, 587, 589–594, 787, 970
дупликация 4/189, 190
клонирование 1/1011, 1012
мобильные 3/149–152
мутации 1/1009; 3/299–301
носители, см. *Хромосомы*
прилегающие 3/149–152
регуляторные 4/428
рекомбинация 3/211; 4/450–452
совокупность, см. *Геномы*
создание, см. *Генетическая инженерия*
транскрипция 2/428; 4/1229
трансляция 4/1231
триплеты, см. *Генетический код*
экспрессия 5/818, 620; 1/1009; 3/175, 587; 4/426–428, 1236
эффект положения 3/299
Геометрия молекул 2/1065
и поверхность потенциальной энергии 3/1175–1178
изомерия 2/368, 928; 3/539, 786
координационные полиядры 2/924, 925
структурный анализ 4/882, 883, 884
Геостраны 3/379
Геотехнология серы 4/632
Геохимическая классификация элементов 1/1015, 1016; 3/96
Геохимические методы поиска полезных ископаемых 1/1016, 1017, 1019, 1021, 1022
Геохимические процессы 1/1017, 1018–1022
Геохимические техногенные барьеры 1/1020
Геохимический основной закон 2/789
Геохимическое картирование 1/1021
Геохимия 1/1017, 1019; 5/480
городов 1/1021
ионная концепция 1/1018
ландшафта 1/1020, 1022
океана 1/1021
организмов былых эпох, см. *Палеобиогеохимия*
органическая 1/1020
прикладная 1/1021, 1022
региональная 1/1021
рек и озер 1/1021
техногенеза 1/1020
Гепаднавирусы 3/1242
Гепарансульфат 3/286, 287; 4/214
Гепарин 1/1022, 264, 322, 330, 1023, 1024, 1132; 2/20; 3/286, 287, 1211; 4/19, 20, 35, 39, 214; 5/17, 36
Гепариназа 1/330
Гепариноиды 1/1118
Гепатоканцерогены 3/154
Гепатопротекторы 5/203
Геперин 5/1055
Гептагелин 5/952
Гептаглюкозиды 5/195
Гептадекановая кислота 1/863, 864
2-Гептадецил-4,4-диметил-2-оксазолин 3/683
Гептадециловый спирт 1/866
Гептакарбонилдидинкель 3/486
Гептаканол 1/827
Гептаметиленимин 3/725
Гептан 1/1023, 52, 499, 648, 909, 1023; 2/297, 1044; 3/298, 345, 725; 4/852, 969; 5/56, 992
Гептаналь 1/1023, 1024; 2/251, 252; 3/421; 4/527
Гептановая кислота 2/643, 644
Гептадецилметакрилат 3/1196
Гептажелезогексамоллибдендид 2/479
Гепталептиды 3/37
Гепталплатинакуприд 2/480, 481
Гептаталлийдидимонид 2/481
2,2,3,3,4,4,4-Гептафторбутанол 4/805
трис-(1,1,1,2,2,2,3-Гептафтор-7,7-диметил-4,6-октандионато)лантанойды 4/605
Гептафторидпропан 2/1127
Гептафторосиликаты 5/407
Гепталлор 1/949, 998; 2/469, 470; 5/733
1,2,3,4,5,6,7-Гепталлорфталлоакридин 4/73
Гептациклофосфаты 5/249
Гептеофос 2/472
γ-Гептил-γ-бутиролактон 5/67
2-Гептил-4-гидроксииндол-Н-оксид 2/242
4-Гептил-1,3-диоксан 2/251
Гептиловый альдегид 1/1023, 1024
Гептиловый спирт 1/866
5-Гептилтетрагидрофураноид 5/67
Гептилкарбиновая кислота 5/217
Гептозы 2/1196; 3/263, 623
Гераналь 5/773
Гераниевое масло 1/1024; 3/60; 4/539, 1094; 5/130, 774, 1003–1005
Геранилацетат 5/1004
Геранилацетон 3/432; 4/713
Геранилбутират 2/1295
Геранилгераниол 5/574
Геранил-геранилпирофосфат 1/1064
Геранилпирофосфат 4/1092
Геранилпропионат 4/207
Геранилхлорид 5/773
Гераниол 1/1024, 145, 182; 2/116, 237, 238, 966, 1113; 3/178, 1089; 4/873, 1090; 5/774, 1000, 1004, 1006, 1014
Герани-Франка потенциал 4/375
Гербе реакция 1/1024, 1025
Гербе-Марковникова реакция 1/1024, 1025
Гербизан 2/213
Гербициды 1/1025, 74, 559, 1026–1034; 2/37, 38, 54, 591; 3/281, 353, 503, 558, 564; 4/932, 1249, 1250; 5/88, 125, 260, 278, 559, 560, 585, 587, 769
огляниды, см. *Пестициды*
антагонисты, см. *Антидоты для растений*
арборициды 1/1025, 1028, 1033
2,4Д 1/416, 1028, 1031, 1034; 3/994
как синергисты 4/695
2М-4Х 1/416, 1028; 3/994; 5/585–587
Гершера импеданс 5/919
Геркулон 4/27
Гермакан 4/660
Гермакрен D 4/660
Герман 1/1039
Германа-Могена символика 4/687
Германаты 1/1034, 1035–1037, 1042; 4/835
Германиды 3/76; 4/107
Германиевые кислоты 1/1034, 1042, 1043; 3/576
Германий 1/1036; 3/849; 4/431; 5/937, 938
алкоголяты 1/169
арсениды 1/384; 4/105, 107, 782
бромиды 1/1041, 1042
галогениды 1/1040, 1037, 1041, 1042; 4/1138
гидраты 1/1035
гидрид 1/592, 1037, 1079, 1080; 3/309, 394; 4/110
гидраты 1/1035
изоцианат 2/401
индид 4/584
иодиды 1/1041; 2/182
клатраты 2/798
интрид 1/1037, 1038
оксиды 1/1042, 287, 737, 1035, 1037–1039, 1041, 1043, 1110; 3/147, 334, 775; 4/33, 835, 843
определение 1/336, 940, 1039; 2/709, 731, 972, 1036; 5/128, 781
органические соединения 1/1039, 1040; 3/978; 5/934
полимеры 3/419; 5/934
полупроводники 4/102–118
получение 1/869, 951, 977, 1020, 1022, 1038, 1039; 2/596, 597, 1043; 3/413; 4/559; 5/746
применение 1/1035, 1039; 2/676, 685, 1064, 1071, 1072; 3/93, 255, 256, 774, 776, 834; 4/102, 103, 105, 106, 108–118; 4/291, 330, 345, 627, 782, 1079; 5/925
свойства 1/1036–1038, 1060, 1215; 2/77, 300, 383, 832, 920; 3/96, 165, 958, 1093; 4/349, 813; 5/895
селенид 1/1038; 4/617, 618
сплавы 1/217, 218, 1039; 3/421, 483; 4/115, 1180
сульфиды 1/1037–1039; 2/709; 4/637, 910
теллурид 1/1038; 4/1023, 1024
феррит 5/163
фосфаты 5/251
фосфид 5/257
фториды 1/950, 1040, 1041
хлориды 1/950, 1037–1042; 3/835, 1056; 5/16
цеолиты 1/1034, 1036
цианид 5/702
Германия 4/225, 226
Германий 1/934, 1036
Германоводороды 1/1037
Германогалогениды 1/1040
Германомолибденовая кислота 1/1039
Германосилленит 1/1035
Германострофторводородная кислота 1/1041
Герматраны 1/1039, 1040
Гермациклопропан 5/443
Герметизирующие составы, см. *Герметики*
Герметики 1/1043, 1044–1046; 4/10, 42, 667, 668, 1250
автокосметика 1/19, 1044
аэрозольные 3/746
жидкостные затворы 2/595; 3/945
кремнийорганические 1/1109; 2/1014; 3/808
напыляемые пенопласты 3/904
органоцианатные 3/806
полимерные 1/646; 3/708, 740, 743, 1244, 1245; 4/1, 1088, 1090
– компаунды 2/867, 868; 1/19
– металлосодержащие 3/87
Гермилены 1/1040; 2/622, 623; 5/443
Гермилрование 1/1040
Гермолор 5/961
Герца-Кнудсена уравнение 4/891
Герценберид 3/755
Герциинт 5/788
Гершеля эффект 5/330
Гесперетин 1/557; 5/203
Гесперидин 1/557
Гесса закон 1/1046; 3/413; 4/1037, 1085; 5/464, 466, 509
Гессит 4/637, 1018, 1024
Гестагены 1/1046, 1047, 1048; 2/958; 4/236, 862, 865; 5/970, 972
Гетарилгидразоны 5/220
Гетациллин 2/1134, 1135
Гетератизин 2/171, 172
2-Гетерилламин 3/1021
Гетериллизоцианины 2/401
Гетероазеотропы 1/67
Гетероаллены 3/825, 826
Гетероароматические соединения 1/376, 952–954, 1062; 2/123, 179, 180, 359, 360, 617–619, 1276; 3/891, 1033, 1078–1080; 5/140, 367, 375, 428, 519, 523. См. также *Ароматические соединения*, *Гетероциклические соединения*
Гетероатомы 1/1060–1062; 2/621; 3/575, 784
Гетероауксин 1/416, 451, 1026; 5/1
Гетероалентное замещение 4/107
Гетероалентный изоморфизм 2/370, 371
Гетерогенная нуклеация, см. *Аэрозоли*
Гетерогенно-гомогенный катализ 2/661, 663
Гетерогенные реакции (процессы) 1/1049, 1050, 1158; 4/415; 5/465, 910. См. также *Гетерогенные системы*
вблизи критической точки 2/1072
газофазные 1/1049, 1058
гидрирование 1/1082; 2/670
горение 1/1170, 1171; 4/575
детонация 2/46
диспергирование 5/172
и дефекты в кристаллах 1/1049; 2/51, 53
и изменение реагентов 2/351
и коррозия металлов 2/952–956
и реология 4/487
и самоорганизация 4/573
изотопный обмен 2/387, 388
ингибиторы 2/433
катализические 1/1049, 1053
2/663, 664, 688–693. *См. также*

- 1258, 1260, 1261. См. также *Гетерогенный катализ*, *Макрокинетика*
кислотно-основные 1/1054, 1056, 1057
колебательные 2/851
конверсия при газификации 1/877, 878; 2/690
металлотермия 3/88–91
механизмы 3/141
механохимические 3/146, 147
«незатрудненные» 1/1056
окислительный аммонолиз 3/672, 673
отверждение 3/839
поликонденсация 3/1258, 1261
полимеризация 3/1198, 1199, 1232, 1233
равновесие 5/503
релаксационные 2/691
структурно-(не)чувствительные 1/1056
топохимические 1/1049
торможение при пассивации металлов 3/888
транспортные 5/496, 497
цепные 2/663
экстракционные, см. *Экстрагирование*, *Экстракция*
эпитаксия 5/958
- Гетерогенные системы** 1/1049, 1040, 1158; 5/105. См. также *Гетерогенные реакции (процессы)*, *Гетерогенный катализ*
диаграммы состояния 2/57–64
зарождение новой фазы 2/316–319
иерархические 4/1062–1064
коллоидные, см. *Дисперсные системы*, *Коллоидные системы*
критическое состояние 2/1074–1077
макро- и микрокомпоненты 2/1254
мицеллярные, см. *Мицеллы*
полимерные, см. *Растворы полимеров*
термодинамическое равновесие 4/1073
- Гетерогенный катализ** 1/1050, 1051–1059, 1085, 1158; 2/666–670, 688–693; 4/416; 5/52, 156, 179, 332, 333, 448, 467, 712, 847. См. также *Гетерогенные реакции (процессы)*, *Гетерогенные системы*
асимметрический 1/392
кислотно-основной 2/770–774
кластерный 2/797
межфазный 3/24, 21, 25
металлокомплексный 3/77–80
носители, см. *Нанесенные катализаторы*
окислительно-восстановительный 3/665–667
- Гетерогликианы** 4/34
- Гетеродесмические структуры** 2/1055; 4/105
- Гетеродетные пептиды** 3/930, 934
- Гетероиды** 2/275, 372
- Гетеродуплексы** 4/451
- Гетерокоагуляция** 2/817, 818
- Гетерокумулены** 5/737
- Гетеролигандные комплексы переходных металлов** 2/373, 374, 641
- Гетеролиз** 1/1159, 1160, 1162; 2/777; 3/1056; 5/739. См. также *Гетеролигандные реакции*
- Гетеролигандные реакции** 1/1059, 1204; 2/965, 1021; 4/416; 5/311. См. также *Гетеролиз*
бимолекулярные 2/313
гидроалогенирование 1/1083, 1084
гомогенные 1/1159, 1160
дезаминирование 1/464; 2/17; 5/781
дейтерирование 2/25, 26
- заместительные 1/1060; 2/73, 313, 314, 628
интермедиаы 2/511, 628. См. также *Нуклеофильные реакции*, *Электрофильные реакции*
ион-радикальные 1/1060; 2/511, 525. См. также *Одноэлектронный перенос*
каталитические 2/528, 628, 664
каталитическая полимеризация 2/628
молекулярные перегруппировки 2/628
окислительно-восстановительные 3/665
по Пшорру 4/279
присоединительные 1/1060; 2/628; 3/761; 4/176, 1137
фотохимические 5/353
фрагментация 5/365
- Гетеромерные пептиды** 3/226, 924, 926, 930
- Гетероолигосахариды** 3/746, 747
- Гетеропептиды** 3/924, 925
- Гетерополиакрилаты**, см. *Гетерополи-соединения*
- Гетерополисоединения** 1/1060, 367, 1057, 1061; 2/701, 783, 1128; 3/128, 474, 833; 4/97, 944
анионы 1/1060; 2/564
бораты 1/580, 581, 813
вольфраматы 1/813
кислоты вольфрамовые 1/813, 821, 822
– молибденовые 3/240; 5/366
молибдаты 3/240
полисахариды 1/1132; 4/34; 5/39, 204
празеодима 4/156
фосфазены 4/65, 66
- Гетерополимеризация** 4/1215, 1216
- Гетеросилоксаны** 3/806
- Гетеротопия**, см. *Топные отношения*
- Гетеротрофы** 3/611
- Гетерофаны** 5/742–745
- Гетероферментативное брожение** 1/609
- Гетерофос** 3/405
- Гетерофункциональные реакции** 2/1017, 1022
- Гетерохроматин** 5/620
- Гетероциклические соединения** 1/1061, 1062
азотсодержащие 1/250, 1129, 1180; 2/974, 975, 981, 1171, 1253; 3/27–29, 554, 814, 1023. См. также *Алкалоиды* и индивидуальные представители
анилирование 1/503
ароматические 1/1031, 1032; 3/1239, 1240. См. также *Гетероароматические соединения*
винилирование 1/718
галогенсодержащие 2/32; 3/1237
гидроксисодержащие 2/632
гликозидные, см. *Гликозиды*, *Нуклеозидные кислоты*, *Нуклеозиды*
как люминофоры 2/1223, 1227, 1228
кислородсодержащие 1/444, 450, 1028, 1029; 2/34, 973, 974. См. также *Фуран*
конденсированные 1/1061; 3/554
конформации молекул 1/119; 2/909–912
красители 2/973–975, 980, 981, 1253, 1254
кремнийсодержащие 2/1019, 1020, 1023; 3/806–808
макропроизводные, см. *Макрогетероциклические соединения*
мезоиноны 3/27, 28, 29
- номенклатура 1/1061, 1062; 3/571, 573–575
получение 1/753, 941, 942, 1074, 1075, 1095, 1096, 1209; 2/11, 22, 66, 67, 105, 245, 361, 372, 373, 420, 787, 813; 3/26, 549, 553; 4/525, 1167, 1168; 5/96, 713
псеудооснования 4/266, 267
серосодержащие 1/941, 1061, 1129; 2/1253. См. также *Тиофен*
свойства 1/143, 442, 567, 983, 1039, 1083, 1157, 1158; 2/314, 941, 963, 1109; 3/534, 535, 552, 553, 784; 4/932; 5/58
таутомерия 4/932
фосфорсодержащие 5/313, 314
- Гетероэпитаксиальные пленки** 4/112, 113; 5/958
- Гетизин** 2/171, 172
- Гетинакс(ы)** 1/1062, 369, 1063; 3/1121; 4/163, 723; 5/138, 144
- Гетит** 2/254, 255, 270, 274; 3/868, 1053
- Гетол** 4/225, 226
- Геттеры** 1/1063, 459; 2/548, 580; 3/344, 1105; 4/712, 876, 982, 1220; 5/656, 696, 760
- Гиалуронидаза** 1/1127; 5/1034, 1035, 1037–1039, 1041
- Гиалуроновая кислота** 1/1132; 3/286, 287; 4/35, 215; 5/38
- Гиацинт** 5/761
- Гиацинталь** 1/1063
- Гиацинтовое масло** 2/936, 937
- Гиббереллины** 1/1063, 15, 142, 1029, 1064; 3/156, 626; 4/428; 5/195
- Гибберелловая кислота** 1/1064; 4/428, 429
- Гибберта кетоны** 2/1174
- Гиббса**
абсорбция 1/53, 54; 5/845
ансамбли 4/823–827, 829, 830, 1029
потенциал 2/513; 4/1040; 1071; 5/71
правило фаз, см. *Фазы*
принцип равновесия 4/1073, 1074; 5/100, 464
распределение 1/924, 1029, 1073; 5/500
уравнения 1/54; 3/260, 1159, 1171, 1174
энергия 1/832, 839; 2/754, 1269; 3/46, 882; 4/24, 415, 825, 1071, 1073; 5/100, 101, 103, 338, 339, 352, 464, 496, 498, 503–505, 920
– и иерархические процессы 4/1063, 1064
– и коррозия металлов 2/952
– и расклинивающее давление 4/344
– и реакции каталитические 2/662, 693
– – окислительно-восстановительные 3/664
– и редокс-потенциалы 3/667
– молярная 3/885, 886; 4/363, 364. См. также *Химические потенциалы*
– сольватации 4/747–749
– стандартная 4/817, 818, 820
- Гиббса–Гельмгольца уравнение** 4/1063, 1072; 5/918, 922
- Гиббса–Дюгема уравнение** 1/1064, 127, 1014, 1065; 3/886; 4/366, 373; 5/500
- Гиббса–Коновалова закон** 2/899
- Гиббса–Кюри условие** 2/318
- Гиббса–Кюри–Вульфа принцип** 3/1172, 1173
- Гиббса–Плато канал** 4/1206, 1207
- Гиббса–Розебома треугольник** 3/188
- Гиббса–Смита условие** 4/1206
- Гиббса–Томсона эффект** 2/319
- Гиббса–Фольмера теория** 2/317, 318
- Гиббсит** 1/211, 213
- гибкие производства 1/1065, 1202; 2/678, 981; 5/472
- Гибкость молекул**, см. *Макромолекулы*
- Гибкоцепные полимеры** 2/1265, 1266; 3/808, 1119, 1120; 4/369–371, 844; 5/226, 231, 817
- Гибридизация атомных орбиталей** 1/1065, 666, 1066, 1067; 2/724, 832, 1064; 3/235, 783, 787; 4/102, 106, 418; 5/461, 875
- Гибридные методы анализа** 1/1067, 293, 295; 5/497
- Гибридные соединения**
гибридомы 1/555
двухспиральные ДНК и РНК 3/587, 588
молекулярные, см. *Киррагинаны*
полимеры 2/1267
– наполненные 3/327, 330, 1119
ракетные топлива 4/343
фторированные ПАВ 5/394
- Гигрометры** 1/753–756
- Гигроний** 1/979
- Гигроскопичность** 1/1110, 1182
- Глин** 1/1141
- продуктов коррозии** 2/322
- удобрений** 2/869
- химических волокон** 1/802
- Гидантоин(ы)** 1/1067, 252, 253, 655, 1068; 2/412; 3/279; 5/84
- 5-ацетат** 3/619, 620
- 5-пропионат** 3/619, 620
- Гидантоновая кислота** 1/1067; 5/84
- Гидденит** 2/222
- Гиднокарповая кислота** 1/143
- «Гидр»** 3/575. См. также *Водород*
- Гидравлические процессы**
аппаратура, см. *Гидравлические устройства*
и сопротивление слоя катализатора 2/668
классификация 2/790, 351, 791, 792; 3/630; 4/628
распыливание 2/1131; 4/346–349
трубопроводный транспорт 1/769. См. также *Пнеumo- и гидротранспорт*
- Гидравлические соединения**
вязущие 1/870
жидкости 1/1068, 52, 1135; 2/90, 206, 212, 310, 463, 660, 1011; 3/446, 466; 4/31, 85, 491, 1113, 1114, 1250; 5/15, 268, 410, 985
известь 1/870; 2/349, 350
цементные, см. *Цементы*
- Гидравлические устройства**
весы 1/685
гигрометры 1/753–757
гидранты 3/1190
машины отсасочные 3/63
– таблеточные 4/971
сепараторы 2/351
системы автоматического регулирования 1/27
- Гидразиды**
арилсульфокислот 1/1068, 1069, 1072; 4/48
карбоновых кислот 1/74, 652, 1070, 1071, 1073–1075; 2/326, 645, 648, 1142; 4/1250; 5/114, 239, 1010
- Гидразильные радикалы** 1/1070; 2/185; 4/302
- Гидразин(ы)** 1/1070
замещенные неорганические 1/274, 654, 1069–1071, 1075; 2/887; 3/169, 675; 4/1147, 1248
– органические 1/1072, 74, 271, 463, 522, 655, 1069, 1070, 1073–1076; 2/17, 67, 116, 117, 374; 3/280, 502, 508, 532, 553, 559, 565, 678, 932, 933; 4/615, 621; 5/114. См. также *Гидразиды*, *Гидразобензол*, *Гидразоны*
как канцерогены 2/605

- монокристалл, см. *Гидразингидрат*
определение 1/615, 895; 2/710, 1108; 3/797, 969; 4/627; 5/819
получение 2/68, 70; 3/80, 280, 281, 666; 4/392, 621, 1147
свойства 1/76, 85, 86, 92, 93, 188, 197, 303, 325, 397, 423, 432, 493, 518, 520, 532, 566, 682, 739, 773, 833, 922, 951, 1070, 1164; 2/65, 67, 69, 88, 117, 179, 282, 321, 346, 402, 465, 495, 709, 710, 745, 746, 750, 751, 816, 1142, 1259, 1331; 3/2, 26, 114, 254, 280, 295, 353, 360, 506, 527, 534, 535, 553, 655, 656, 707, 796, 1034, 1043, 1049, 1050, 1240; 4/48, 200, 342, 343, 359, 554, 622, 627, 635, 670, 686, 731, 750, 908, 1255; 5/8, 264, 339, 454, 456, 487, 488, 658, 723, 778, 794, 837, 1000, 1002, 1010
- Гидразинбисборан 1/1071
Гидразинборан 1/1071; 5/454, 457
Гидразингидрат 1/85, 350, 521, 739, 1069, 1071; 2/751; 3/169, 501, 523, 686, 715, 1247; 4/74; 5/376, 524
Гидразин-гидроксиламинный качественный анализ 2/710
Гидразингидрохлорид 3/675; 4/1248
Гидразиния соли 1/1074
1,2-Гидразинкарбоновая кислота, диамид 4/621
o-Гидразинобензойная кислота 2/437
o-Гидразинокоричная кислота 2/437
Гидразиноспирты 1/1074
o-Гидразинофенилглиоксалева кислота 2/437
1-Гидразинофталазингидрохлорид 1/522
Гидразинсерная кислота 1/1070; 3/169
Гидразинсульфат 1/1069, 1075; 2/887; 4/1147; 5/376
Гидразинсульфит 1/654
n-Гидразинсульфонилфенилкарбаминная кислота, метиловый эфир 1/1069
Гидразинтиоцианат 4/1147
Гидразобензол 1/490, 491, 637, 1072, 1073; 3/527
Гидразобензол-3,3'-дисульфокислота 3/527
см-Гидразоизобутиронитрил 1/1075
Гидразоафталины 3/547
Гидразония соли 1/278, 988, 989, 1070-1072, 1122
Гидразоновые красители 3/129, 130
Гидразоны 1/76, 195, 197, 423, 1070, 1072, 1073, 1075; 2/68, 74, 88, 326, 516, 642, 742, 743, 746, 751, 1153, 1252; 3/317, 513, 723, 734, 1253; 5/220, 790. См. также *Гидразины*
Гидразосоединения, см. *Гидразины замещенные органические*
Гидразоформамид 3/280, 281
Гидракриловая кислота 3/700
Гидралазин 4/774
Гидрагилит 1/207, 211, 1093
Гидратация 1/1076, 140, 1077, 1078, 1123; 2/214, 402, 527; 3/40, 449, 450, 698, 739; 4/201, 381, 382, 648, 745, 803; 5/984, 985, 995, 996. См. также *Дегидратация*, *Растворы неэлектролитов*, *Растворы электролитов* и *диспропорционирование* 2/552
■ жидкостная экстракция 5/827
■ ионный обмен 2/504
■ кислотно-основное взаимодействие 2/380, 381, 773, 779, 781, 783, 784; 5/585
■ лиотропное действие 2/1181
■ подвижность ионов
■ протонирование 4/244
■ сольватация 4/747
каталитическая 2/664, 1107, 1108; 3/128, 364
- ковалентная 4/270
нестероидселективность 4/854
по Кучерову 2/1107, 1108
по Майзенхаймеру 2/1252
правило Марковникова 2/1107, 1293
продукты, см. *Гидраты*, *Кристаллогидраты*
тепловые эффекты 4/1086
ферментативная 2/1169
Гидратированный электрон, см. *Сольватированный электрон*
Гидратная влага 4/954
Гидратная известь 2/349, 350
Гидратная изомерия 2/930
Гидратированный альдегид 1/1077, 1078
Гидратированный спирт 1/1077
Гидратцеллюлоза 1/731, 1078; 2/993; 5/47
Гидратцеллюлозные волокна 1/1078, 427, 623, 802-807; 2/992, 993; 3/262, 263; 5/47, 237, 663, 665
вискозные, см. *Вискозные волокна*
медноаммиачные 3/3, 73, 74; 1/803, 804, 806, 1078; 2/1329; 5/235, 236, 665
Гидратцеллюлозные пленки 3/1135-1139
Гидраты 1/1078, 896, 897, 1076, 1079, 1133, 1160; 2/55, 637, 639, 709, 1088, 1248, 1249; 4/575, 745. См. также *Гидратация*
газовые, см. *Газовые гидраты*
и сольваты 4/752
клатратные 2/798
комплексные 2/505
номенклатура 3/577
протонов 5/424
тетрафтороборатов 5/400
Гидрел 2/53, 54
Гидрил-ионы 1/1079, 599, 771, 772, 1083; 2/282, 603, 758, 779; 3/575, 723. См. также *Чичибабина реакция*
Гидридное присоединение 3/801
Гидридные баки 1/787
Гидридоорганосилоксаны 1/1108
Гидридопентацианокобальтат-ионы 5/724
Гидридсиланы 1/1108
Гидридхлорсиланы 3/801
Гидриды 1/1079, 777, 779, 787, 1080-1082, 1164; 2/13, 25, 272, 673, 1205; 3/98, 347, 353, 354, 415, 648, 649, 760-763, 1075; 4/342, 433, 596, 925, 945, 946, 980; 5/8, 60, 266, 414, 933, 934. См. также индивидуальные химические элементы и триады 5/4
интерметаллидов 1/784, 787, 1081, 1082; 2/13, 272, 477, 486, 642; 3/415
ионные 1/1080
комплексные 2/421; 4/539
металлоподобные 1/1080, 1081
номенклатура 3/576
определение 3/645
Гидрин 5/961
Гидриден 2/438
Гидрирование 1/1082, 35, 47, 140, 596, 777, 866, 1056, 1057, 1083; 2/12, 82, 285, 373, 456, 685, 693; 3/84, 580, 791; 4/400, 740, 926, 1157. См. также *Гидрогенизация*
асимметрическое 3/84
в звуковых полях 5/60
газофазное 5/133
гетерогенное 1/1082. См. также *Гетерогенные реакции (процессы)*
гидрогеолиз 1/1089, 140, 1056, 1090, 1101, 1106, 1107, 1129; 2/6, 17, 91, 325, 667, 752; 3/346, 515, 933, 983, 985; 5/409, 429, 680, 739
гидродеалкилирование 1/1089
- гидродеароматизация 1/1090; 2/674-676
гидродеоксикация 1/1090
гидрокрекинг 1/1090. См. также *Гидрокрекинг*
гидробессеривание 1/1106, 1107; 2/670, 674-676
гидрооксикация 1/1107, 1108; 2/670
гомогенное 1/1083; 2/670; 3/737
деструктивное 1/1089, 1090, 1106
жидкофазное 5/133
и функциональный анализ 3/795
ионное 1/1083; 4/1157
испо-превращение 2/533
катализаторы 2/670, 26, 82, 326, 331, 615, 616, 638, 639, 642, 657, 663, 667, 797, 944, 1155, 1205, 1298; 1/306, 464, 904, 1074, 1082-1090, 1161; 3/28, 45, 78, 246, 250, 325, 347, 372, 474, 478, 495, 515, 553, 561, 665, 737, 739, 1030, 1039, 1045, 1129, 1131; 4/534, 535, 786, 804, 805, 947, 983, 1056, 1143, 1202; 5/87, 133, 141, 198, 199, 332, 378, 723. См. также *Каталитический крекинг*
оксида углерода, см. *Фишера-Тропша синтез*
по Клемсену 4/1143
по Роземунду 4/538, 539
при дегидратации 2/32
при очистке газов 1/903, 904
селективность 1/1075, 1161; 2/667; 4/535; 5/733, 735
теплоты 4/1086
ферментативное 3/598
число 1/1083
Гидрирование соединений (частицы). См. также *Гидрирование*
канифоль 2/602
масла, см. *Гидрогенизация жиров*
электрон 4/749
Гидроалюминаты 2/582
Гидроалюминирование 1/210
Гидроаминирование 2/82
Гидробензамид 1/487, 488
Гидробензодиазепины 2/64, 65
Гидробензоны 1/510
Гидроборацит 1/581, 587
Гидроборирование 1/588, 601, 1162; 2/119, 129; 3/738, 787; 4/804, 964, 965
Гидробромирование 1/1084; 2/1034
Гидроаналиты 1/670, 671
Гидрогалогениды 1/949, 950, 970; 3/513, 1027, 1028
Гидрогалогенирование 1/1083, 140, 948, 954, 1084; 2/1034; 3/738; 5/961
α-Гидрогексафторизомасляная кислота 1/1085; 3/982
Гидрогели 1/1001; 2/255, 1006; 4/132, 672
полимерные 3/1268, 1269; 1/1002; 4/21, 85, 889
Гидрогеомитты 2/254; 3/288
«Гидроген» 1/779
Гидрогены 2/241
Гидрогенизация 1/928; 2/1148. См. также *Гидрирование*
жиров 1/1085, 1083; 2/305, 309, 665; 4/383
уплей 1/1085, 1086-1089; 2/596, 665, 670; 4/194, 526, 701-705
теплота 3/331, 332
Гидрогеолиз 1/1089, 140, 1056, 1090, 1101, 1106, 1107, 1129; 2/6, 17, 91, 325, 667, 752; 3/346, 515, 933, 983; 5/409, 429, 680, 739
Гидрогеохимия 1/1020
Гидрогерманаты 1/1035
Гидрогермидирование 1/1040
Гидрогетит 2/254, 270
Гидрогипонитриты 1/102
- Гидродеалкилирование 1/1089, 1090; 2/6; 3/46, 372, 373, 441
Гидродеароматизация 1/1090; 2/674-676
Гидродеметаллизация 2/32
Гидродимеризация 2/107, 113
Гидродинамические методы
вольтамперометрия 2/145
моделирование 1/1105, 1106; 2/1321
очистка мембран 3/39
физико-химические 2/1261; 4/362
хроматография 2/294
Гидроксигликолирование 2/169; 5/1005
Гидридофториды 3/489
Гидродеоксикация 1/1090
Гидрозоли 1/1131; 2/154, 331, 332, 817, 1007
Гидрозоли 1/563
Гидрозолионные материалы 1/563; 3/864, 1244, 1245
Гидроизомеризация 5/681
Гидрокарбалкоксиллирование 1/864
Гидрокарбоксиллирование 1/864; 2/633, 642, 646
Гидрокарбонатно-сульфатные воды 3/170
Гидрокарбонатные воды 3/170
Гидрокарбонаты 1/771; 2/636, 637, 639; 3/608, 1088; 4/133; 5/52
Гидрокарбонилирование 2/640, 646; 3/78; 4/1097
Гидрокодон 1/296, 297
Гидрокоричная кислота 2/935; 5/130
Гидрокоричный спирт 5/126
Гидрокортисон 1/322; 2/30, 116, 121, 426, 958; 3/571; 4/219, 236
Гидрокрекинг 1/1090, 107, 140, 778, 926, 927, 1083, 1089-1091, 1106, 1220; 2/7, 665, 670, 674, 676, 678, 684, 1005; 3/350, 441-444, 462; 4/526, 650; 5/680
Гидросамовые кислоты 1/1091, 652, 943, 1092, 1094; 2/417, 648, 1213, 1214; 3/438, 552, 796; 5/239, 243, 785, 1010, 1012
1-Гидроксадамантан 1/34
Гидроксидецилы 3/297; 5/217
3-Гидроксидипиновый альдегид 3/687, 688
Гидроксидесоединения 1/84
бензолы 1/669
красители 2/150
β-Гидроксидиланол 4/642
Гидроксидилансульфобромиды 4/896
Гидроксидилансульфокислоты 4/896
Гидроксидилансульфонаты 4/928
Гидроксидиланамиды 1/235
2-Гидрокси-4-алкил (C₇-C₉) гидроксн-бифенолы 1/530
α-Гидроксидиланлирование 1/2, 3
Гидроксидилметакрилаты, хлорформиды 3/744
1-Гидроксидилпероксиды 3/975
β-Гидроксидилсульфиды 4/914
Гидроксидилтиомочевина 4/1140
α-Гидроксидилфосфины 5/265
α-Гидроксидилфосфоновые кислоты, эфиры 5/274, 275
Гидроксидилы 2/5
α-Гидроксидилкислотные радикалы 4/313
β-Гидроксидилальдегиды 1/202
Гидроксидилальдегиды и гидроксикетоны 1/86, 87, 197, 422, 443-445, 469, 508, 567, 951; 2/21, 120, 751, 969, 1036, 1271; 3/285, 513, 656, 683, 686-689, 702; 4/340, 341, 992, 1191; 5/21, 95, 96, 142, 580, 782. См. также *Альдоли*, *Ацилоны*, *Оксидальдегиды* и *оксикетоны*
Гидроксидамиды 2/1143; 3/549
4-Гидроксид-ω-аминоацетофенин 3/924

- 4-Гидроксн-4'-аминодифениламины 2/455
 Гидроксиаминокислоты 1/250, 1138; 2/34; 3/433, 619, 620, 931; 4/1247, 1248
 Гидроксиаминонитрилы 3/702
 4-Гидроксиамино-5-пиразолон 3/1035
 Гидроксиаминопиридины 4/253
 Гидроксиамины 1/193, 194, 264–266; 4/500, 501
 3β-Гидроксн-5-андростен-17-он 1/300
 3β-Гидроксн-5α-андростан-17-он 1/300
 Гидроксиандростаноны 1/300
 17β-Гидроксн-4-андростен-3-он 1/300
 Гидроксианилины 1/267
 Гидроксиантрахиноны 1/573
 3-Гидроксиантракилат 3/619, 620
 3-Гидроксиантрахиловая кислота 2/606
 1-Гидроксиантрахинон-6(7)-сульфо-кислоты 2/136
 Гидроксиантрахиноны 1/354, 573; 2/1218; 3/686, 689–691; 5/140
 3-Гидроксн-2-антраценкарбоновая кислота 1/78
 Гидроксиантрогидрохиноны 3/690
 Гидроксиантит 5/251
 Гидроксиарены 1/709; 5/141
 β-Гидроксиаспарагиновая кислота 4/249
 3-Гидроксиаспартат 3/619, 620
 Гидроксиацетальдегид 3/687, 688
 Гидроксиацетон 3/687, 688
 o-Гидроксиацетофенонимид 1/201
 Гидроксиацетофеноны 2/21; 3/686–688; 5/200, 202
 Гидроксибензальдегиды 1/990; 2/603, 743, 1005; 3/132, 687, 688, 691–693; 4/569, 570, 1170; 5/942
 N-(2-Гидроксибензильден)анил 4/505
 Гидроксибензильные спирты 3/691; 4/569, 570
 Гидроксибензойные кислоты 1/347; 3/693
 2-изомер 3/692. См. также *Салициловая кислота*
 3-изомер 3/691–693; 5/942
 4-изомер 1/337, 338; 2/1004; 3/691–693, 1088, 1213; 4/91, 1170, 1205; 5/34, 132, 202
 Гидроксибензольдиноксаиноновые кислоты 2/177
 Гидроксибензол 1/338; 5/132, 133, 140. См. также *Фенол*
 Гидроксибензолсульфокислоты 5/138, 139
 Гидроксибензонитрилы 1/1026; 3/708
 Гидроксибензотиофены 1/528
 2-Гидроксибензофеноны 4/588, 589
 Гидроксибензохиноны 1/533; 3/689; 4/1268
 Гидроксибифенилы 1/711; 5/127, 141
 3-Гидроксибутаналь 3/687, 688
 2-Гидроксибутановая кислота 5/1015
 Гидроксн-2-бутаноны 1/444; 3/110, 687, 688
 2-Гидроксн-3-втор-бутил-6-изобутил-пирозин-1-оксид 1/397
 бис-(4-Гидрокснбутил)терефталат 3/1221
 Гидрокснбутираты 3/617, 618
 Гидрокснвалераты 3/617, 618
 Гидрокснгалогенирование 4/642
 2-Гидрокснгаландиаль 3/687, 688
 3-Гидрокснгаландиаль 3/687, 688
 5-Гидроксн-6-гидроксн-5,6-дигидро-пиримидин 3/1052
 5-Гидроксн-2-гидрокснметил-γ-пирон 2/838
 1-Гидроксн-гидропероксиды 3/975, 977
 Гидроксн(гидропероксид)пероксиды 3/975
 5-Гидроксн-6-гидропероксипиримидин 3/1052
 Гидроксн-гидрохиноналинкарбоновые кислоты 1/525
 Гидроксн-гидрохинон 3/694; 4/1268, 1269; 5/140, 141
 3-Гидроксн-гиптамет 3/619, 620
 Гидроксн-гиптамин 1/1151; 2/1195
 Гидроксн-гиптаматы 3/617, 618
 Гидроксн-группа 1/1096; 3/569, 573, 574. См. также *Гидроксил*
 Гидроксн-анионы 1/1092, 1078; 3/143, 602, 603
 5-Гидроксн-2-декарбоксамидо-2-ацетилтетрациклин 4/1110
 4,4'-Гидроксидибензолсульфонилазид 1/71
 4-Гидроксн-2,6-динизопропил-5,5-диметил-1,3-диоксан 2/1297
 Гидроксидикарбоновые кислоты 3/617, 618
 1-Гидроксн-2,3-димеркаптопропан 2/175
 5-Гидроксн-3-(2-диметиламиноэтил)-нилол 1/653, 654
 2-Гидроксн-2,6-диметил-4-гептанон 3/114
 7-Гидроксн-3,7-диметил-окталь 1/1096
 8-Гидроксн-5,7-динитро-2-нафтосулфо-кислота 1/362
 Гидроксидипиридилы 1/720
 Гидроксидифениламины 1/286, 334, 628; 3/696, 697; 5/994
 2-Гидроксидифенилсульфиды 4/728
 Гидроксидифенилуксусная кислота, 3-хинулидиновый эфир 5/536
 Гидроксидифенилы 1/567; 2/90; 3/1058; 5/93
 2-Гидроксн-1,2-дифенилэтанон 1/508
 4-Гидроксн-2,6-дихлорбензолсульфо-кислота 5/139
 Гидроксиды 1/1092, 1093; 5/796
 амфотерные 1/1076
 гетерокоагуляция 2/818
 двойные 1/206
 железомарганцевые конкреции 2/273, 270, 820; 1/1021; 4/874
 как иониты 2/504
 как катализаторы 2/668, 669, 673
 как минералы 3/165, 166
 неорганические 1/767, 951, 1120, 1133; 2/10, 253–255; 709, 710; 3/99, 1055; 4/415, 438, 711. См. также *Щелочи*, индивидуальные химические элементы
 номенклатура 3/576
 определение 2/709, 710
 органические 1/1093; 2/709, 710; 3/760, 761, 765; 4/582, 595, 596, 669, 670, 931. См. также *Псевдо-основания*
 α-Гидроксн-изобутират-ноны 2/1107
 α-Гидроксн-изобутиронитрил 1/438, 439
 Гидроксн-изоалераты 3/617, 618
 α-Гидроксн-изомасляная кислота 1/438, 439; 3/57; 5/160
 3-Гидроксн-4-изопропилтолуол 4/1125, 1126; 5/140
 1-Гидроксн-изохинолин 2/398
 α-Гидроксн-иминоацетонитрилы 5/431
 Гидроксн-иминокислоты 5/125
 л-бис-(Гидроксн-иминохлорметилные) соединения 3/1218
 2-Гидроксн-1-нидаион 2/439
 5-Гидроксн-3-индолил-ацетальдегид 4/655
 5-Гидроксн-3-индолилуксусная кислота 4/654
 5-Гидроксн-индол-3-карбоновые кислоты, эфиры 3/408
 Гидроксн-индолы 2/441; 3/272, 1026; 5/197
 4-(4-Гидроксн-3-индофенокси)-3,5-ди-индофенилуксусная кислота 4/1258
 8-Гидроксн-7-инд-5-хлорхинолин 5/954, 955
 25-Гидроксн-кальциферолы 1/746; 3/617, 618, 887
 3-Гидроксн-2-карбокситропан 5/17
 Гидрокснкарбоилирование 2/633
 α-Гидрокснкарбоилильные соединения 2/457; 3/656
 Гидрокснкарбоновые кислоты 1/626, 711, 940, 956, 1005, 1147; 2/235, 305, 306, 629, 632, 863, 864, 968, 1023, 1100, 1179, 1188; 3/253, 387, 388, 699, 700, 1213, 1255; 4/90, 95, 381, 739, 744, 903, 904, 918, 1109, 1197; 5/45, 84, 142, 660. См. также *Окси-кислоты*
 азиды 2/1106
 амиды 1/1179; 2/1143; 3/707; 4/205
 арилыды 1/305
 ацильное число 1/445
 гидразиды 2/1142
 желчные 2/777, 278, 605; 1/457; 3/624, 786; 4/865, 1119
 α-замещения 1/195, 389, 494, 495; 2/120, 742, 968, 1140, 1141–1144
 β-замещения 1/956; 2/344, 345, 1143; 4/170, 512, 513
 γ-замещения 2/111
 ω-замещения 1/450; 2/863
 как комплексобразователи 2/517, 518 *
 лактоны 2/226; 3/187
 метаболизм 3/617, 618. См. также *Трикарбоновых кислот цикл*
 нактиновые 2/522
 нитрилы 3/516, 707, 708; 5/197
 номенклатура 3/569, 570
 пантотеновая 3/877, 878–880
 энантиомеры 2/1172
 эфиры 1/975; 2/1140–1144, 1262, 1263; 4/34, 512, 513, 930; 5/719
 Гидрокснкетали 5/95
 Гидрокснкетонная перегруппировка 1/444
 Гидрокснкетоны, см. *Гидроксн-альдегиды и гидрокснкетоны*
 3-Гидроксн-хиноурин 2/606; 3/619, 620; 5/970
 Гидроксн-кислоты, см. *Гидрокснкарбо-новые кислоты*, *Окси-кислоты*
 Гидрокснкоричные кислоты 2/1100; 5/201, 202
 л-Гидрокснкоричный спирт 2/1173
 Гидрокснксантеновые красители 2/1082, 1083
 2-Гидрокснксантены 2/88
 Гидрокснкумарины 1/330, 331; 2/342; 5/66, 942
 Гидроксил 1/1093, 1096; 2/282, 643, 644; 3/569, 573, 574, 699, 746–749, 813; 4/394, 515, 800, 801, 1192; 5/424, 462, 493, 648, 651. См. также *Гидроксн-лирование*
 аномерный 3/269
 возбужденный 2/1127; 5/683, 684
 гликозидный 3/269
 защита 2/325, 326; 3/268, 506
 как основание 2/779, 782
 конфигурация 1/464
 межзвездных облаков 2/962
 определение 2/770, 795
 полуацетальный 3/269, 746
 спиртовый 3/746
 число 1/1096; 2/306, 660; 3/1186
 Гидроксилы 1/746, 747; 2/696; 3/697
 α-Гидроксиллакты 2/413
 Гидроксиланы 1/1093, 95, 197, 243, 349, 350, 419, 423, 432, 477, 490, 506, 508, 532, 534, 652, 741, 833, 980, 1091, 1094, 1150; 2/82, 346, 360, 361, 402, 741, 743, 746, 821, 1137, 1140; 3/114, 268, 295, 388, 513, 535, 538, 540–542, 547, 552–554, 686, 715; 4/271, 359, 615, 899, 924, 1204, 1224, 1255, 1267, 1269; 5/118, 243, 722, 791, 792, 837, 1012, 1013
 гидрохлорид 2/550; 3/702, 796, 1045
 определение 1/615
 органопроизводные 1/1094, 1095, 1096; 2/374, 1251; 3/545, 548–550, 740; 4/590. См. также *Гидро-ксамовые кислоты*
 сульфат 2/615
 фосфат 1/1094
 Гидроксилан-О-сульфокислота 1/1094; 3/678
 Гидроксиланисульфаты 1/1094; 3/507
 Гидроксиланмоний, соли 1/278, 1094; 3/988, 982
 Гидроксиланфиболы 4/681
 Гидроксилатит 2/578, 589
 β-Гидроксилейция 3/923
 Гидроксилезин 1/1138; 2/856; 3/199, 927, 928
 Гидрокснлирование 1/659, 841, 1097, 1145; 2/129, 241, 278, 281, 958, 960, 1025, 1152; 3/199, 271, 272, 598, 711, 824; 5/526, 778. См. также *Гидро-ксия*
 Гидроксн-углероддиоксидные лазеры 2/1127
 Гидроксн-ливая группа, см. *Гидроксил*
 Гидроксн-линое число 1/1096; 2/306, 660; 3/1186
 Гидроксн-ливые альдегиды 2/134; 3/687, 688; 4/1097
 Гидроксн-ливые кислоты 2/1143; 3/700; 4/904; 5/1058
 Гидроксн-лирование 4/554
 Гидроксн-металон 2/605, 606
 Гидроксн-метил 3/574
 N-Гидроксн-метиламиды 1/106, 236
 Гидроксн-метиламины 5/1013
 трис-(Гидроксн-метил)аминометан 3/701 *
 o-(Гидроксн-метил)бензойная кислота 5/379
 Гидроксн-метилбензолы 1/514
 2-Гидроксн-метил-1,4-бутандиол 4/800
 3-Гидроксн-2-метилбутират 3/617, 618
 γ-Гидроксн-метил-γ-бутиролактон 4/1098
 5-Гидроксн-метилгидантоны 1/1067
 7-[2-Гидроксн-3-(N-метил-β-гидроксн-этиламино)пропил]теофиллин, и-котнат 2/1085
 3-С-Гидроксн-метил-D-глицеро-тетроза 5/37
 3-Гидроксн-3-метилглутамат 3/617, 618
 3-Гидроксн-3-метилглутарилкофермент А 2/1159
 2-Гидроксн-2-метилглутаровая кислота 4/578
 3-Гидроксн-метил-2,6-диметил-1,5-гептадиен 2/1113
 β-Гидроксн-метилкарбоилильные соединения 2/742
 2-Гидроксн-метилметан 3/573
 2-Гидроксн-6-метил-3-изопропилбен-зойная кислота, циклотимер 2/798
 Гидроксн-метилирование 3/34; 4/195, 642; 5/21
 4-Гидроксн-метил-Δ²-карен, ацетат 1/669
 2-Гидроксн-2-метилмасляная кислота 1/668
 Гидроксн-метил-оксазолины 1/268
 3,3-бис-(Гидроксн-метил)оксетан 3/916
 4-Гидроксн-метилпентаноны 3/687, 688; 4/1256
 3-Гидроксн-2-метил-4Н-пиран-4-он 2/1276

- 2,6-бис-Гидроксиметилпиридин 3/884
 5-Гидроксиметил-6-метилпиримидин-2,4-диол 2/1156
 2,2-бис-(Гидроксиметил)-1,3-пропандиол 3/916, 917; 4/801, 802
 3-Гидроксид-2-метилпропионат 3/617, 618
 N-Гидроксиметилсукцинимид 4/895
 2-Гидроксиметилтетрагидрофуран 4/1097
 2-Гидроксиметил-2-фенил-1,3-индандиол 2/439
трис-(Гидроксиметил)фосфин 4/1263, 1264
бис-(Гидроксиметил)фосфиновая кислота 2/118
трис-(Гидроксиметил)фосфиноксид 4/1264
 Гидроксиметилфосфониевые соли 4/1101, 1263
 2-Гидроксиметилфуран 4/801, 802. См. также *Фульфуроловый спирт*
 Гидроксиметилфулфурол 1/1102; 3/268
 2,3-бис-(Гидроксиметил)хиноксалин-N,N'-диоксид 2/137
 1-Гидроксиметилхинолизидин 5/525
 Гидроксиметилцеллюлоза 5/41
 1,4-бис-(Гидроксиметил)циклогексан 4/90
 Гидроксиметилциклопропенон 5/731
 Гидроксиметилцитозин 3/1051; 4/510
 1,1,1-*трис*-(Гидроксиметил)этан 4/207, 208
 4-Гидроксид-3-метоксибензальдегид 1/680, 681
 4-Гидроксид-3-метоксикоричная кислота 2/972
 1,7-бис-(4-Гидроксид-3-метоксифенил)-1,6-гептадиен-3,5-диол 3/1089
трис-3-(4-Гидроксид-3-метоксифенил)-пропеновая кислота 5/201, 202
 α-Гидроксиминоацетоксусный эфир 2/814
 α-Гидроксиминокетон 5/557
 2(3)-Гидроксиминокарбоновые кислоты 3/617, 618
 Гидроксимочевина 4/519; 5/83
 1-Гидроксинафталин-4-азобензол 1/89
 Гидроксинафталиндисульфокислоты 3/387; 4/1221
 Гидроксинафталинкарбальдегиды 3/687, 688, 703, 704
 Гидроксинафталинкарбоновые кислоты 3/388, 704, 705
 Гидроксинафталинсульфокислоты 1/654; 3/385-387, 539
 Гидроксинафталинсульфоновая кислота 1/1039; 4/507
 Гидроксинафталины 4/230, 340
 4-(4-Гидроксид-1-нафтилазо)бензолсульфокислота 5/19
 Гидроксинафтиридин 3/384
 Гидроксинафтольные кислоты 1/77, 78, 305; 2/864, 1003; 3/703-705, 1014, 1015; 4/254; 5/942
 Гидроксинафтохиноны 2/138; 3/389, 705-707
 Гидроксинитрилы 1/258, 439; 2/746; 3/700, 708; 4/696
 4-Гидроксид-2-нитробензолсульфокислота 5/139
 Гидроксинитробензолы 3/562, 563. См. также *Нитрофенолы*
 Гидроксинитрозосоединения 3/439, 536-539, 542. См. также *Нитрозо-нафтолы*, *Нитрозофенолы*
 Гидроксинитроокрасители 3/542, 543
 2-Гидроксид-6-нитротолуол 3/1026
 3-Гидроксид-5-нитро-1,2,4-триазол 4/1252
 16-Гидроксид-12-оксагексадекановая кислота 3/291
 14-Гидроксид-12-оксатетрадекановая кислота 3/291
 Гидроксидоксимы 5/825
 3'-Гидроксид-4'-оксоолианин 3/741
 3α-Гидроксид-6-оксо-5α-холановая кислота 2/278
 12-Гидроксид-9-октадеценовая кислота 1/863, 865; 4/527
 15-Гидроксидекадекановая кислота 2/863; 3/291
 5-Гидроксид-2,4-пентадиеналь 3/1046
 Гидроксидептафторбензол 3/915
 Гидроксид-перегруппировка Коупа 2/965, 966
 3-Гидроксидипиколоиновая кислота 2/34
 Гидроксидипиридины 3/933, 1030, 1031
 2-Гидроксидипразин-1-оксид 3/1033
 4-Гидроксидипразоло[3,4-d]пиримидин 1/188
 Гидроксидипиракановая кислота 2/544
 8-Гидроксид-1,3,6-пирентрисульфокислота, динатриевая соль 2/1216
 Гидроксидипридины 1/261, 1160; 3/708-710; 5/140
 Гидроксидипримидины 5/422
 3-Гидроксидипрослизевая кислота 5/434
 4-Гидроксидипролидин-2-карбоновая кислота 3/711
 21-Гидроксидипрегнадиол 4/812
 3β-Гидроксид-5-прегнен-20-он 1/300, 1046; 2/958
 Гидроксидипролины 1/134, 250, 251, 392, 1012, 1138; 2/634, 856, 1172; 3/199, 488, 711, 923; 4/191
 Гидроксидипропаноламы 1/49, 50
 1-Гидроксид-2-пропанон 3/687, 688
 Гидроксид-1,2,3-пропантрикарбоновые кислоты 2/407, 1179, 1180
 γ-Гидроксидипропиламы 1/71
 Гидроксидипропилцеллюлоза 3/711, 712; 5/668
 3-Гидроксидипропионат 3/617, 618
 β-Гидроксидипропионитрил 1/114; 5/582
 Гидроксидипропионовая кислота 3/252; 4/205; 5/1058
 9-Гидроксидисорален 2/1087
 Гидроксидилазы 3/804
 Гидроксидилины 1/1012
 Гидроксидисмоляные кислоты 4/741
 Гидроксидисоединения 1/452; 2/632; 3/933; 5/125
 Гидроксидистеарины 3/1088
 Гидроксидистеариновая кислота 1/139, 345; 3/303
 Гидроксидистериламы 3/923
 Гидроксидисульфаты 5/761
 2-Гидроксид-5-сульфобензойная кислота 4/935
 Гидроксидисульфокислоты 4/895, 896, 918, 935
 Гидроксидисульфониевые соли 4/925
 Гидроксидисульфоны 4/916, 934
 4-Гидроксидифитины 4/968
 3-Гидроксидитетрагидропираны 3/1074
 Гидроксидитетралины 3/387
 Гидроксидитазолы 4/340
 3-Гидроксидитионафтен 2/441
 Гидроксидитиозаины/нодаены 1/958
 Гидрокситолуолы 2/1004, 1005. См. также *Крезолы*, *Метилфенолы*
 N-Гидроксидитриазены 2/69
 2-Гидроксид-сим-триазины 1/1033
 2-Гидроксид-1,2,3-триазол 4/1252
 2-Гидроксид-3,5,6-трибром-1,4-бензохинон 4/1269
 Гидроксидитрикарбоновые кислоты 3/617, 618
 3-Гидроксид-4-триметиламиномасляная кислота, бетаин 2/654, 655
 5-Гидроксидитриптамы 4/653, 654
 5-Гидроксидитриптофан 3/619, 620; 4/654; 5/181
 3-Гидроксидитропан 5/17
 Гидроксидитрополон 4/340
 2-Гидроксидитропионы 5/21, 22
 Гидроксидиуксусная кислота 1/1132, 1133
 N-Гидроксидиурацил 2/1214
 N-Гидроксидиуретан 1/1095
 1-Гидроксидифеазии 2/975
 β-(n-Гидроксидифенил)аланин 4/1170
 n-Гидроксидифениламиноуксусная кислота 4/253
 2-Гидроксид-1,3-бис-(4-фениламино-фениокси)пропан 1/334
 4-Гидроксидифенилацетат 3/617, 618
 4-Гидроксидифенилацетатальдегид 3/617-620
 α-Гидроксид-α-фенилацетофенон 1/508
 N-Гидроксид-N-фенилбензамид 1/507
 2-(2-Гидроксидифенил)бензоксазол 5/213
 1,1-бис-(4-Гидроксидифенил)бензо[c][1,2]оксатиол-S,S-диоксид 4/935, 936
 2-(2-Гидроксидифенил)бензотриазолы 4/588, 589
 4-(n-Гидроксидифенил)-2-бутанон 2/743; 3/1089
 2,2-бис-(n-Гидроксидифенил)гексафторпропан 1/993
 2,2-бис-(4-Гидроксидифенил)-1,1-дихлорэтилен 3/1252
 7-Гидроксид-4-фенилкумарины 1/507
 4-Гидроксидифениллактат 3/617, 618
 N-(4-Гидроксидифенил)-2-нафтиламы 1/334
 3-(4-Гидроксидифенил)пировиноградная кислота 4/1170
 4-Гидроксидифенилпируват 3/617-620
 2,2-бис-(4-Гидроксидифенил)пропан 2/95, 96; 5/132, 141
 3-(2-Гидроксидифенил)пропанол 3/1100
транс-3-(3-Гидроксидифенил)пропеновая кислота 5/201
 n-Гидроксидифенилсульфат 4/907
 3,3-бис-(4-Гидроксидифенил)фталид 5/139
 4-Гидроксид-N-фенилхиноидинины 2/454, 455
 4-Гидроксидифенилхиноидинины 2/460
 3-Гидроксид-5-фенил-7-хлор-2,3-дигидро-1,4-бензодиазепин-2(1H)-он 4/1224, 1225
 3-Гидроксид-2-фенилхромелийхлорид 5/201
 β-(o-Гидроксидифенил)этилалкилкетоны 1/519
 2-(4-Гидроксидифенил)этиламы 3/254
 Гидроксидифеноксилильные радикалы 4/624
 Гидроксидифенолы 5/200
 Гидроксидифлавоны 1/336; 5/942
 Гидроксидифлуорены 1/336
 10-Гидроксид-9-формилантрацен 1/349
 α-Гидроксидифосфонаты 5/311
 α-Гидроксидифосфониевые кислоты 1/3
 α-Гидроксидифосфониевые кислоты 1/3
 α-Гидроксидифосфорильные соединения 2/549
 3-Гидроксидифталевая кислота 3/706
 Гидроксидифториды 5/393
 6-Гидроксидифульвен-1-карбальдегид 4/991
 3-Гидроксидифурфурол 5/434
 Гидроксидихалоны 1/522, 523; 2/86, 87
 8-Гидроксидихинальдины 1/537
 3-Гидроксидихинальдины-4-карбоновая кислота 5/535
 Гидроксидихинокаликкарбоновые кислоты 1/525
 Гидроксидихинолины металлов 3/713, 714
 Гидроксидихинолины 4/340
 2 и 4-изомеры 1/237; 2/1108, 1109; 3/63; 4/232
 8-изомер 1/209, 362, 537, 615, 674, 675, 736, 936, 987; 2/445, 580, 1083, 1217, 1224, 1287; 3/492, 713, 714, 807, 933; 4/232, 394-397, 594, 1220; 5/77, 284, 955. См. также *8-Оксихинолин*
 Гидроксидихинолин 1/533
 3-Гидроксидихинофталон 5/535
 3-Гидроксидихинуклидин 3/701
 1-Гидроксид-4-хлорантрахинон 3/690
 2-Гидроксид-5-хлор-3-(2-гидроксид-1-нафтилазо)бензолсульфокислота, Na-соль 2/1231
 2-Гидроксид-5-хлор-3-(2,4-дигидроксидифенилазо)бензолсульфокислота 4/397
 4-Гидроксид-4'-хлордифенилсульфон, K-соль 4/44
 Гидроксидихлорин 4/238, 239
 5-Гидроксид-2-хлорметил-γ-пирон 2/838
 2-Гидроксид-5-хлор-3-[(4-оксо-2-тиоксо-5-тиазолидинил)азо]бензолсульфокислота 4/530, 531
 6-Гидроксид-8-хлороктаионат 2/1194
 2-Гидроксид-3-хлор-пропилацетат 5/599
 3,12-бис-(2-Гидроксид-3-хлорпропил)-3,12-диза-6,9-дизаонадидиспиро [5.2.5]гексадекандихлорид 4/209
 2-Гидроксид-5-хлор-3-[(тетрагидро-2,4-дитиоксо-1,3-тиазин-5-ил)азо]бензолсульфокислота 4/531
 3-Гидроксид-7-хлор-5-(2-хлорфенил)-2,3-дигидро-1,4-бензодиазепин-2(1H)-он 4/1225
 Гидроксидихолекальциферолы 1/746, 747
 7-Гидроксид-2-хроменон 5/66
 Гидроксид-4-хроменон 2/973
 2-Гидроксидиклогепта-2,4,6-триен-1-он 5/21
 2-Гидроксидиклодеканон 1/141
 2-Гидроксидиклопентаионы 3/324
 4-Гидроксидиниамонилферулоилметан 2/972
 4-Гидроксидинолин 1/521, 522
 Гидроксидитролель 1/1096; 2/237
 Гидроксидикозаполиеновые кислоты 2/1158
 25-Гидроксидиргокальциферол 1/746
 16α-Гидроксидистрадиол 5/971
 3-Гидроксидистра-1,3,5(10)-триен-17-он 5/970, 971
 1-Гидроксидистаи-1,1-дифосфоновая кислота 3/714, 715
 N-(2-Гидроксидэтил)амиды 1/266; 3/680; 5/974
 2-(N-β-Гидроксидэтиламино)бензойная кислота 1/80
 1,4-бис-(β-Гидроксидэтиламино)-5,8-дигидроксиантрахинон 2/80
 Гидроксидэтиламиноокислоты 1/80; 5/975
 N-(Гидроксидэтил)аминонитрилы 5/975
 N-(2-Гидроксидэтил)аминопропионитрил 5/975
 2-Гидроксидэтиламы 1/98
 O-Гидроксидэтил-N-ацетилколхинол 2/862
 N-(2-Гидроксидэтил)бензамид 3/682
бис-(α-Гидроксидэтил)бензол 2/93
бис-(Гидроксидэтил)глицольный эфир 5/15
 3-Гидроксид-3-этилпугарат 3/617, 618
 2-(2-Гидроксидэтил)-6,6-диметилбицикло[3.1.1]гепт-2-ен 3/578
 N-(Гидроксидэтил)дигидрокарбаминаовая кислота 5/975
 N-(2-Гидроксидэтил)диэтиламин 2/215

- 3-(β-Гидроксипропиленсульфонил)анилин 1/353
 N-(2-Гидроксипропилен)формамид 3/682
 Гидроксипропилирование 4/581, 922
 N-Гидроксипропиленкарбаминовые кислоты 5/975
 5-(1-Гидроксипропил)-2-метилпиримидин 3/111
 5-(2-Гидроксипропил)-4-метилтиазол 4/1120
 N-(2-Гидроксипропил)пирролидон 5/975
 N-Гидроксипропилсукцинимид 4/172
 бис-(2-Гидроксипропил)сульфон 2/94
 бис-(2-Гидроксипропил)терефталат 4/87
 α-Гидроксипропилтиаминопирофосфат 3/621
 2-Гидроксипропил(триметил)аммоний-гидроксид 5/590, 591
 Гидроксипропилцеллюлоза 3/718, 719, 1223; 4/38, 505, 699; 5/41, 661, 668
 1,3,5-трис-(2-Гидроксипропил)циануровая кислота 5/708
 N-(2-Гидроксипропил)этилендиамин 1/269; 2/83
 N-(2-Гидроксипропил)этилендиаминтриуксусная кислота 1/269
 N-Гидроксипропил-N-этил-л-толуиленидиаминсульфат 4/253
 N-Гидроксипропил-N-этил-л-фениленидиаминсульфат 4/253
 4-Гидроксипро-3-этоксипропанальдегид 1/680
 2-[2-(2-Гидроксипропан)этоксипропанол 5/15
 Гидроксифиры 4/804; 5/995
 Гидроксиглюкон 3/706
 Гидроксияктриарная кислота 5/1015
 Гидроксоаквакомплексы 1/1092
 Гидроксоалюминаты 1/205, 206
 Гидроксоаурат-ионы 2/335
 Гидроксобромиды 5/751
 Гидроксованадаты 1/670
 Гидроксогаллаты 1/935
 Гидроксогалогениды 1/949
 Гидроксо-β-дикетонаты металлов 2/110
 Гидроксокарбонаты 2/710, 824, 1329, 1330; 4/438; 5/748, 761
 Гидроксокарбальбаты 2/826
 Гидроксокомплексы 1/1096, 1092, 1093, 1097, 1099; 2/267, 545, 871, 933, 1230; 3/99; 4/545; 5/966. См. также *Гидроксополи*
 Гидроксомагнетаты 2/1246
 Гидроксоион-ионы 1/1097, 777, 1078, 1099; 2/530, 779, 780, 782, 783; 3/720, 722; 4/415; 5/764, 923
 Гидроксоитраты 1/985; 3/504, 505; 4/598; 5/761
 Гидроксопиримидаты 4/592, 600
 Гидроксополикарбаты 3/360
 Гидроксополи 1/205, 206, 670, 777, 935, 949, 985, 1092, 1097, 1099; 2/254, 335, 530, 710, 824, 826, 829, 1246, 1329, 1330; 3/360, 504, 505, 757, 1056; 4/438, 592, 598, 600, 711, 1182; 5/746–748, 752
 Гидроксопиримидаты 3/757
 Гидроксополифосфаты 2/829; 5/619
 Гидроксофосфаты 2/254
 Гидроксофториды 5/751
 Гидроксохлориды 4/711, 1182
 Гидроксохроматы 5/616, 617, 630, 632, 633
 Гидроксоцинкаты 5/752
 Гидрол Минхера 3/181; 5/648, 649
 Гидролазы 1/1097, 417, 1098, 1100; 3/287; 5/16, 17, 83, 84, 158, 159, 242, 270, 272, 517, 518, 661, 952
 аленозинтрифосфаты 1/41, 1098
 амиллазы 1/232, 1097
 аминопептидазы 1/260, 1097
 арилсульфатазы 1/368, 1098
 аспарагиназы 1/394, 1097
 ацетилхолинэстераза 1/435, 436, 1097
 гликозидазы, см. *О-Гликозид-гидролазы*
 дезоксирибонуклеазы 2/20; 1/1097 и расщепление рацематов 4/391
 карбоксипептидазы 2/634, 635; 1/1097
 карбоксистеразы 2/635
 катепсины 2/695
 лизоцим 2/1177, 1178; 1/1097, 1098
 липазы 2/1184; 1/1097
 нейраминидаза 3/397; 1/1098
 нуклеазы 3/584
 папаин 3/880, 881; 1/1098
 пепсин 3/922, 923; 1/1098
 плазмин 3/1097, 1098
 ренин 4/468, 469
 рестриктазы 4/509, 510
 рибонуклеазы 4/517, 518, 519
 субтилизин 4/893, 894
 термолитин 4/1075
 трипсин 4/1270; 1/1098
 фосфатазы 5/242, 243
 фосфолипазы 5/272
 химотрипсин 5/518
 эндодезоксирибонуклеазы 5/952
 Гидролазы 2/1169
 Гидролиз 1/1098, 17, 38, 941, 942, 951, 1077, 1085, 1097, 1099–1103, 1144, 1217, 1222; 2/1, 9, 106, 225, 248, 304, 305, 365, 416, 495, 572, 646, 647, 695, 702, 747, 752, 755; 3/81, 301, 302, 624; 4/804; 5/238, 400, 450, 451, 493, 509, 561, 704, 985, 995
 бисульфитный 3/380, 381
 высокотемпературный, см. *Пиролиз*
 гомогенный 2/340
 и деалкилирование 2/5, 6
 и дезаминирование 2/1084
 и деструкция полимеров 2/40, 1013
 и дисперсные системы 2/154
 и диссоциация воды 1/1767
 и инверсия сахарозы 4/581, 582
 и метаболизм 5/109
 и окисление 5/585
 и отверждение 3/839
 и поликонденсация 2/1010, 1017, 1021; 3/1239; 5/997
 и полимеризация 3/1208, 1251; 5/725
 и протонирование 4/245
 и этерификация 5/998
 как нуклеофильное замещение 3/186
 как обменная реакция 1/1098; 4/753
 кислотный 1/1100, 1155; 2/69–71, 140, 325, 326, 330, 331, 461, 633, 771–773, 941, 988, 1137, 1165; 3/271, 386, 387, 438, 514, 674, 677, 682, 707; 4/341, 622; 5/10, 37, 1009, 1010
 омыление 3/764
 паровый 4/393
 перколяционный 1/1101, 1103
 по Курциусу 2/1106
 по Рихе 5/224
 по Штрессе 5/793
 по Штреккеру 5/793
 продукты, см. *Гидролизаты*, *Гидролизный лигнин*, *Лесохимия*
 стерические требования 2/913
 ферментативный 1/1097, 1098, 1100, 1128, 1129; 2/20, 31, 304, 433, 474–476, 634, 660, 695, 696, 988, 1134, 1155, 1184, 1190; 3/599
 щелочной 2/117, 171, 173, 278, 309, 325, 326, 420, 461, 1137; 3/386, 387, 516, 517, 557, 599, 674, 682; 4/273, 1037, 1152; 5/502, 1010
 эффект(ы) индуктивный 2/461
 – соседних звеньев 3/1263
 – тепловые 4/1086
 Гидролизаторы 1/1101, 1102
 Гидролизаты 1/1100–1103, 1124, 1155; 2/232, 464, 519, 1078, 1176; 3/133, 157, 711, 929, 1167; 4/833; 5/995
 Гидролизин 2/857, 1078
 Гидролизные производства 1/1100, 1101–1103; 4/714; 5/664, 995. См. также *Гидролиз*, *Гидролизаты*, *Гидролизный лигнин*, *Лесохимия*
 Гидролизный лигнин 1/1100–1102; 2/1164, 1174
 Гидролитические реакции, см. *Гидролиз*
 Гидромасляные кислоты 1/651; 3/700
 Гидрометаллургия 1/1103, 468, 1104; 2/702; 3/7, 8, 93, 414, 638, 1000, 1068; 4/361, 550, 593, 639, 944; 5/669, 749, 833
 Гидрометаллирование 2/889; 3/79
 Гидромеханические процессы 1/1105, 1106; 2/1299; 3/1181, 1183–1185
 Гидроминеральные полезные ископаемые 3/1193. См. также *Минеральные воды*
 Гидромусковит 1/1141; 3/165
 Гидроний-катион 1/1097. См. также *Гидроксоний-ионы*
 Гидроновый синий 2/618
 Гидрообессеривание 1/1106, 1107, 1108; 2/32, 674–676; 3/441–444; 4/193, 400
 Гидроорганосилоксаны 1/1108
 Гидроорганосилин 1/382
 Гидроочистка 1/1107, 778, 926, 927, 1083, 1088–1090, 1108; 2/168, 169, 665, 678, 681, 682, 685, 687, 737, 738, 904, 1093; 3/441, 442, 444, 462; 4/400, 526, 650; 5/682
 Гидроперит 2/18
 1-Гидропероксиалкилпероксиды 3/975
 Гидропероксиды 1/599, 633, 1146, 1159; 2/85; 4/305; 5/445
 неорганические 3/971, 973, 974
 органические 1/643, 650; 2/554, 1101, 1102, 1203; 3/380, 659, 660, 907, 975–980; 4/814, 815, 817, 869, 907; 5/683, 959
 1-Гидроперокситетралин 4/1101
 Гидропероксидэкозаполиеновые кислоты 2/1158
 Гидропероксидосольваты 3/359
 α-Гидроперфторизомасляная кислота 1/1085
 2-Гидроперфторизопропиловый спирт 1/994
 ω-Гидроперфторизодекановая кислота 5/394
 Гидропироллиз 3/1065; 4/702
 Гидрополимеризование 4/596
 Гидропорфирин 5/573
 Гидроперинон 3/92
 Гидросланы 1/1108, 1109; 2/1023; 4/682
 Гидросиликаты 3/360; 5/386. См. также *Асбест*
 Гидрослилирование 1/1108, 1109; 2/1018, 1023; 3/79, 80, 478, 737, 1131; 4/682
 Гидрослуды 2/1233; 4/724
 Гидроспирофосфораны 5/308
 Гидростанилирование 3/760
 Гидростатические параметры (процессы)
 давление 1/1214
 депрессия 1/848
 прессование 4/140
 Гидростатические приборы
 вакуумметры 1/661, 662
 весы 3/1148
 плотномеры 3/1146–1150
 уровнемеры 5/88, 89
 Гидросульфаты 1/1072, 1193; 4/632, 644, 904; 5/862
 Гидросульфидная группа 2/325, 326
 Гидросульфиды 3/363; 4/43, 651, 909, 1127, 1153; 5/796
 Гидросульфиты 1/436, 654; 2/1175; 3/364–538, 1088; 4/656, 657, 918, 920; 5/141, 709
 Гидросульфоны 2/516
 Гидросуферила 1/1109, 399, 553, 554, 1115; 2/789, 961–963; 3/849–851; 4/320, 321; 5/42
 Гидротермальные процессы 1/1109, 1018, 1019, 1110; 2/223, 1027; 3/420; 5/497, 516. См. также *Гидротермальный синтез*
 Гидротермальный синтез 1/1109, 1110, 1220; 2/223, 268; 3/256; 4/1022; 5/252, 680, 755
 Гидротипия 5/324
 Гидротормозные жидкости 2/212, 627
 Гидротранспорт 1/769. См. также *Пневмо- и гидротранспорт*
 3-Гидро-4-триметиламиномасляная кислота, нитрил 2/655
 Гидротропы 1/1110, 158, 1111; 3/284; 4/700
 Гидроурацил 1/455
 Гидрофильно-липофильный баланс 2/1182; 3/1162, 1163, 1165; 5/949
 Гидрофильность 1/622, 757, 787, 788; 2/422, 519, 1144, 1181–1183, 1186, 1188, 1200; 3/181–186, 203, 260, 261, 636, 1160, 1162–1167, 1268; 4/633, 730, 880, 1013
 Гидрофит 5/86
 Гидрофобные взаимодействия 1/1111, 757, 1112; 2/83, 227, 228, 336, 358, 694, 708, 799, 1012, 1172, 1182, 1187; 4/833; 5/394. См. также *Гидрофильность*, *Липофильность* и *липофобность*
 вытеснительная флокуляция 5/203
 и дыхательные пути 2/242
 и коагуляция 2/817
 и мицеллообразование 3/183
 и пластификаторы 3/1117, 1118
 и флотация 5/207
 и хроматография 1/418; 2/294, 295, 297, 519
 Гидроформирование 1/1112, 649, 865, 867, 1113, 1161; 2/277, 639, 640, 642, 677, 824, 830, 874; 3/78–80, 84, 449, 737, 738; 4/196, 204, 534, 535, 613, 697; 5/980. См. также *Окисление*
 Гидроформинг 1/1113; 2/684
 Гидрофосфаты 1/935; 2/589, 590; 4/981; 5/248, 250
 α-Гидрофосфиновые кислоты 1/3
 Гидрофосфиты 1/962
 Гидрофосфонаты 4/1001
 Гидрофосфораны 5/292–294
 Гидрофосфорные соединения 1/1113, 1114; 3/179, 180, 592, 593; 4/682, 683; 5/278, 279, 308, 311, 312
 Гидрофталат 5/147
 Гидрофториды металлов 1/1114, 950, 970; 3/367, 368; 4/558, 559, 655; 5/390, 396, 657
 Гидрофторирование 1/1084
 Гидрофторированный спирт 3/278
 Гидрохимический поиск полезных ископаемых 1/1016
 Гидрохимия 1/1115, 1016
 Гидрохинолин 1/336
 Гидрохиноны(ы) 1/1115, 116, 117, 235, 336, 424, 532, 533, 629, 640, 641, 654, 670, 712, 713, 715, 717, 720, 723, 833, 1116; 2/73, 79, 93, 205, 211, 365, 460, 807, 1004; 3/105, 106, 134, 363, 388, 662, 663, 665, 690, 691, 697, 707, 1018; 4/631, 253–255, 396, 505, 623, 624, 635, 695, 819, 1125; 5/115, 118, 132, 139–142, 324, 354, 449, 452, 456, 533, 772, 1042

- клатраты 1/363, 569; 2/798, 1043
эфир 1/317, 640, 1115; 3/70, 106, 116; 5/977
- Гидрохлориды 2/76, 83, 85, 86, 112–114
Гидрохлорирование 1/1084; 2/86, 121, 181; 3/448–450; 5/12, 133, 582
Гидрохлортиазид 2/204
Гидроцеррусит 2/637
Гидроцианирование 1/1116, 439; 2/121
Гидроокислы 1/770, 1105, 1106; 3/631, 637, 858; 5/193, 194
Гидроцикаты 5/747
Гидроциникит 5/748
Гидроциклоирирование 5/764
Гидроэлектрометаллургия 5/854, 895
Гидриловая кислота 1/455
Гидрат 5/407
Гиллбрандт 2/588
Гиллеспи теория 1/1117; 2/928; 5/461, 463
Гильдебранда теория 2/833, 834; 4/355, 356; 5/834
Гилляби 3/838
Гимномелановые кислоты 1/1212
Гимексазол 5/421, 422
Гименокардин 3/924
Гинье зелье 2/408, 409; 3/1011; 5/615
Гидроксикислотная кислота 2/278
(–)-Глюкоцид 1/414, 415; 5/17, 18, 591
Глюколевая кислота 2/278
Гипан 5/204
Гипафорин 1/544
Гипербазиты 4/978
Гипервитаминоз 1/752
Гипергемные процессы 1/1018, 1019
Гипериици 2/972
Гипер-КР спектроскопия 2/866
Гипероксиды 2/569; 3/971, 973, 974
Гипероны 3/370; 5/930–932
Гиперполяризуемость 4/124
Гиперсенсibilизация 4/626; 5/456
Гиперсорберы 1/53, 62
Гипертонические растворы 3/830
Гиперфильтрация 3/39–45
Гиперхромный эффект 4/767
Гипершепное приближение 4/829
Гипер-эффекты 2/866
Гипобромиты 1/261, 611–613, 681; 5/758
Гиповитаминоз 1/670
Гиповитаминоз 1/751
Гипогалогенирование 1/960
Гипогалогениды 1/954, 969, 970, 1179; 2/416; 4/621, 804, 898, 938; 5/10
Гиподифосфорная кислота 5/286, 287
Гиподные масла 3/472
Гипоидиты 2/495
Гипоксантин 2/1084; 3/619, 620; 4/273, 274, 276
Гиполипидемические средства 1/1117, 1118, 1119; 3/730; 5/547
Гипоманганаты 2/1277
Гипонитраты 1/1094
Гипонитриты 1/102, 1094
Гипосульфиты 4/239. См. также *Тиосульфиты неорганические*
Гипотазури 4/917
Гипотеза(ы)
Аюгадро 5/508
Аллотропная 4/1240, 1241
Аллотроп, см. *Реагенты органические*
Бонсштейна 5/682
Буссинская 3/947; 5/30
Изоморфности критических явлений 2/1072
Кармана 3/947
масштабной инвариантности 2/1073, 1074
Матчелла 1/560, 561
Нерста 5/682
- о природе шаровой молнии 2/505
сопряжения химическая 3/669
эргодическая 3/213
- Гипотезы средства 1/1119, 48, 64, 1120; 2/86, 400, 460, 636, 759, 760, 812; 3/701; 4/439, 468, 861, 1254
Гипотиазид 2/204
Гипотонические растворы 3/830
Гипофосфаты 5/288
Гипофосфиты 3/306
неорганические 1/1120; 5/288, 307
органические 1/1120, 1121
Гипофосфористая кислота 5/307
Гипофосфорная кислота 5/286–288
Гипофториты 5/391, 392, 399, 401
Гипохлориты 1/1121, 431, 452, 503, 902, 1071, 1122, 1123; 2/18, 416, 450, 499, 533, 1216; 3/355, 665, 860; 4/915, 926, 1267; 5/526, 551, 553, 557, 564, 981, 982
Гипохолестеринемические средства 2/813; 5/547
Гиппуровая кислота 1/510; 4/1170; 5/121, 729, 784
Гипс 1/1123, 870, 901, 956, 957; 2/112, 578, 582, 589, 1251; 3/165, 166, 511, 512, 646, 863, 992, 1265; 4/138, 357, 630, 904, 1041; 5/54, 171, 302, 946, 995
высокообжиговый 1/871
золочение 3/755
медицинский 1/871
строительный, см. *Алебастр*
формовочный 1/871
Гипсование почв 1/1123; 3/863
Гипсово-ангидритные вяжущие 1/870, 871
Гипсородописи 4/537
Гипсотермометры 4/1081
Гипсохромный сдвиг 2/174, 1082; 4/751; 5/360, 646, 649
Гипсоцементы 3/127
Гирационные аппараты
грокоты 1/1206
дробилки 2/352
Гир для взвешивания 1/685–691, 698–701
Гирные весы 1/685, 687–691, 698–701
Гирокины 5/1036
Гиролит 2/588
Гиромангнитное отношение 2/1244; 5/1024, 1032
Гирометрия 5/1055
Гирудин 5/17
Гистазарин 2/136; 3/1056, 1057
Гистамин 1/1123, 39, 85, 324, 1124; 2/112, 412, 425; 3/399, 619, 620; 4/773; 5/1036, 1037, 1039, 1042
Гистерезисные явления
и адсорбция 1/57, 58
и горение 1/1165, 1166
и макроклетка 2/1259
и смачивание 4/730
и стеклообразное состояние 4/842–844
и фазовые переходы 5/102
капиллярные 2/607
магнитные 2/1240, 1241; 5/164
8α-(3-N-L-Гистидил)флавинаденин-нуклеотид 4/523
Гистидин 1/1123, 85, 144, 165, 166, 250, 253, 435, 475, 477, 1000, 1007, 1013, 1098, 1124, 1144, 1152; 2/407, 655, 968, 1171; 3/199, 296, 619, 620, 626, 881, 893, 926, 931; 4/431, 894, 940, 1171, 1172, 1229, 1270; 5/84, 159, 215, 273, 518, 772, 954
Гистидинил-фосфат 3/619, 620
Гистоны 1/1124, 330, 362, 472, 1125; 2/1174, 1324; 3/199, 200, 587, 599; 5/619, 620
- Гистохимия 2/142, 743, 974; 5/770
Гиффорда–Мак-Магона цикл 5/603, 604
Главное квантовое число 1/403, 791; 2/721; 4/470
Глазера реакция 3/9, 1250
Глазерит 2/570
Глазные капли 5/754, 774
Глазури 1/1125, 679; 2/735, 1288; 3/481, 1009, 1192; 4/549, 681, 834, 878; 5/113, 114, 751, 761
Глауберит 1/956; 3/361
Глауберова соль 2/1097; 3/347, 361, 362; 5/675
Глауконит 1/1021; 3/633, 838; 4/557, 724; 5/298
Глауцид 2/398, 399; 4/231
Глацем 3/1201
Гленсдорфа–Пригожина теорема 3/841
Глет 3/147; 4/591, 599, 600, 838
Глиадины 4/190, 191, 1247
Глибеклаид 1/327, 328
Глибутид 1/327, 328
Гликаны 4/34. См. также *Полисахариды*
Гликоалкалоиды 1/145; 2/400
Гликоген 1/1125, 40, 48, 232, 558, 1000, 1126, 1132, 1135, 1154, 1173; 2/31, 476, 987; 3/154, 611, 615, 616, 626; 4/35, 219, 1242; 5/38
Гликоген(крахмал)синтаза 4/1242
Гликогенолиз 1/1135; 2/578, 695, 696
Гликогеномы 1/1126
Гликогенисинтаза 1/1132
Гликогенифосфорилаза 1/472, 1131, 1132
Гликозаминогликаны 3/286; 4/35
Гликозидазы 1/551, 1126–1128; 3/749
О-Гликозид-гидролазы 1/1126, 551, 1127, 1128; 3/749
Гликозидные связи, см. *Гликозиды*
Гликозиды 1/1127, 1126, 1128–1132, 1154; 2/21, 88, 341, 731–733, 973, 1100, 1101; 3/265, 269, 740, 741, 746–749, 1166; 4/34–38, 215, 1269; 5/37, 92, 93, 375, 1005. См. также *Гликолипиды, Гликопротеины*
ализины 1/139
антоцианы 1/347, 348
каротиноиды 2/657
нуклеозидные, см. *Нуклеиновые кислоты, Нуклеозиды, Нуклеотиды*
оксальдегиды и оксикетоны 3/686
оксинатрахионы 3/689
определение 4/786
прогенины 5/93
салоины 4/576, 577–580; 1/1129; 5/1051, 1053
сердечные 1/1129, 1130; 2/1160; 4/576–580, 861, 862, 865, 879, 880; 5/38, 1044, 1051, 1053
тритепеноидные 4/576, 577, 579, 580
умбеллиферон 5/66
феиолы, см. *Флавоноиды*
цианогенные 5/1053
Гликозилазы 1/1129
Гликозилгалактиниды 1/1129
Гликозилдиацилглицерины 3/49
Гликозилдиглицериды 1/1130, 1131, 1137; 2/1188, 1189
Гликозилрование 1/1127; 2/395, 486, 487, 731–733; 3/197, 198, 270, 748; 4/38, 430; 5/693
Гликозил-катион 2/732
N-Гликозилмочевина 1/1129
Гликозилполиолы 4/1010; 5/38
Гликозилпротеины 1/1138, 1139
Гликозилтрансферазы 1/1131, 980, 1132, 1140; 2/395, 1191; 4/35, 1242
Гликозилфосфатидилинозитлики 5/271
Гликокол 1/1149. См. также *Глицин*
- Гликолат 3/613, 615–618
Гликолевая кислота 1/1132, 195, 302, 1133, 1142; 2/640, 944, 1140; 3/700, 927, 1241; 4/904, 1127; 5/13, 410, 584, 586, 591, 990
лактид, см. *Гликолид*
нитрил 3/708
эфиры 2/633, 634; 3/289; 4/207, 1114; 5/1006
Гликолевый альдегид 1/652; 3/615, 616, 687, 688; 5/984
Гликолейцид 3/582
Гликоли 1/1133, 197–199, 422, 444, 620, 639, 643, 644, 659, 841, 943, 960, 1133–1135; 2/11, 82, 105, 211, 212, 402, 638, 639, 677, 747, 751, 804, 863, 1150, 1273; 3/34, 106, 127, 159, 282, 719, 731, 732, 739, 993, 1026, 1144, 1201; 4/91, 95, 157, 158, 169–171, 199, 525, 607, 800, 1102, 1114; 5/8, 85, 88, 709, 773, 779, 984. См. также *Полиэтиленоксид, Пропиленгликоль, Этиленгликоль*
аддукты 4/51
алкоголяты 1/170; 4/199
ацетаты 4/169
гликоляты 1/170; 4/199
дитозилаты 2/987
как мономеры 3/257
как отвердители 3/838
монометакрилаты 3/744
уретановые 5/975
хлорформаты 3/744; 4/53
эфиры 1/650, 716, 717, 1068; 2/520, 648; 3/291, 732, 833, 1117; 4/157, 158, 201; 5/964. См. также *Глицы*
Гликолид 1/1132; 2/698, 1140, 1141; 3/1240, 1241
Гликолиз 1/1135, 43, 558, 561, 608, 609, 1000, 1136, 1143, 1147, 1154, 1155; 2/395, 655, 1004, 1135, 1136, 1140, 1152; 3/370, 469, 612, 614, 617, 618, 621, 623, 625, 668, 697, 919; 4/430, 1119, 1268; 5/38, 268, 296. См. также *Гликогенолиз*
Гликолимочевина 1/1067, 1068
N-Гликолилнейраминаовая кислота 1/979
Гликолипиды 1/1137, 1129, 1137, 1154; 2/21, 303, 1188, 1189, 1191; 3/48, 49, 269, 669, 748, 749; 4/34, 1010; 5/38, 39, 269
Гликолякарбонат 5/990
Гликоляты 1/170; 4/199; 5/984
Глико-[2,1-д]-2-оксалоли 1/264
Гликопептиды 1/570, 1129, 1137–1139, 1150, 1151; 3/37, 596, 930
Гликопротеиды 1/1137. См. также *Гликопротеины*
Гликопротеины 1/1137, 418, 470, 483, 553, 556, 1126, 1127, 1129, 1132, 1138, 1139; 2/21, 478, 1162–1164; 3/48, 197, 198, 269, 748, 749, 1098; 4/34, 35, 214, 215; 5/38, 167, 168, 204, 605, 1049, 1051. См. также *Иммуноглобулины, Лектины*
антигены 1/324, 1138
гормон(ы) 1/1172
– лютенизирующий 2/1228, 1229; 1/39, 1047, 1163, 1172, 1173; 3/401; 4/1169
– тиреотропный 4/1169, 516, 758, 1170; 1/39, 1172; 2/1228; 5/218, 605
интерфероны 2/487
моноаминоксиды 3/253, 254
плазмы крови 4/248–250, 468, 469
протромбиновый комплекс 4/248, 249, 250
рицины 4/526, 527
светочувствительные, см. *Родопсин*
тиоловые амидгидролазы 2/695
трополаги, см. *Коллаген*

- Гликофинголипиды 1/1139, 1137, 1140; 2/1189–1191; 3/48; 4/968; 5/271. См. также *Цереброзиды*
ганглиозиды 1/979, 980, 1137, 1140; 2/1189; 3/49; 4/968
- Гликофорин 3/51
- Гликолевая кислота 2/278
- Глины 1/1140; 3/507, 984; 5/710, 722, 1007
- Глин 1/1031
- Глинистые минералы, см. *Глины*
- Глинозем 1/206, 208, 212–214, 467, 754, 897, 902, 936; 2/568, 582, 990; 3/110, 351, 439, 650; 4/557, 673, 838, 1041; 5/112, 186, 670–673, 824, 854, 861, 862. См. также *Алюминия сесквиоксид*, *Глины*
- Глины 1/1141; 2/153, 349, 679, 800, 1174, 1319; 3/144, 284, 868, 1168; 4/674, 838; 5/298. См. также *Глинозем*
- активные 1/52, 1057
- белые 2/606; 5/112, 113
- бентонитовые, см. *Бентонит*
- дилатансия 2/111, 112
- для керамики 2/733–735
- как антидоты 1/329
- как вспениватели 4/134
- как интеркалаты 2/477
- как носители 3/324
- кислотоупорные 2/776
- коллоидные 2/290, 817
- минералы 1/1141; 4/678–680
- отбеливающие 1/52; 3/443, 837, 838, 968
- платинированные 2/750
- спекание 2/733–735
- сукновальные 1/1141; 3/837, 838
- Глинозем 5/421
- Глюкогалаза 1/1153
- Глюколевые кислоты 1/195, 196, 742; 3/613, 1219; 4/642; 5/984
- Глюксалин 2/411, 412
- Глюксаль 1/1141, 424; 2/66, 104, 233, 411, 706, 808; 3/225, 719; 4/277; 5/134, 428, 523, 782, 984
- сульфат 1/1142; 4/75
- уредды 1/1142
- Глюксилат 3/613, 615–622; 4/1261
- Глюксилатный цикл 1/1142, 611, 1143, 1144; 2/407, 969, 1169, 1171; 3/612, 617, 618, 621, 623; 4/1260, 1262; 5/1015. См. также *Глюксилат*, *Глюксилатная кислота*
- Глюксилатная кислота 1/35, 195, 504, 680, 726, 1142, 1143, 1149; 2/407, 938, 1272; 3/613; 5/1, 547, 556. См. также *Глюксилат*, *Глюксилатный цикл*
- Глюксим 3/701; 5/427, 432
- Глютоксин 3/924, 925
- Глифосат 1/1033; 3/994
- Глифосин 4/429
- Глифталевые лаки и смолы 1/150, 153, 1145, 1146; 5/213, 377
- Глифтор 2/342
- Глицидилметакрилат 2/807
- Глицеральдегид-3-фосфат 1/130, 202, 609, 1135, 1143, 1144, 1147; 2/364; 3/615, 616, 625, 918, 919; 4/1268; 5/347
- Глицеральдегидфосфатдегидрогеназа 1/1143, 1144; 3/469; 5/268
- Глицератфосфаты 3/615, 616
- Глицераты 1/170, 1145
- Глицериды 1/1144, 827, 862, 1145; 2/6, 303–305, 616, 660, 1189; 3/303, 397, 876, 1186; 4/744; 5/26, 551. См. также *Нитроглицерин*
- Глицерилаттаты 1/1145
- Глицерилбутираты 1/1145; 2/1296
- Глицерилмонолаурат 1/1145
- Глицерилмоноорнитинолеат 1/1145
- Глицерилолеаты 1/1145
- Глицерилпальмитат 1/1145
- Глицерилпропионат 1/1145
- Глицерилстеараты 1/262, 1145
- Глицерин 1/1145
- алкоголяты, см. *Глицераты*
- десорбиционная ионизация 2/1311
- как восстановитель 3/2
- как маскировщик 2/1294
- как мягчитель 1/1146
- как обеспыливающий 3/993
- как стабилизатор 1/475
- коррозионная активность 1/630
- получение 1/119, 180, 949, 960, 1089, 1100, 1101; 2/91, 304, 989, 1164; 3/324, 1144, 1186; 4/197, 383, 582, 607, 627, 743, 744; 5/39, 551, 554, 959, 995
- свойства 1/119, 150–152, 155, 187, 248, 490, 558, 651, 838, 974, 1068, 1112, 1137, 1144, 1146, 1156; 2/1, 19, 199, 304, 365, 421, 808, 996, 1177, 1188–1191, 1319; 3/127, 184, 282, 303, 385, 440, 532, 712, 714, 719, 744, 896, 1089, 1096; 4/31, 202, 247, 423, 718–720, 726, 800; 5/73, 85, 118, 122, 134, 244, 253, 269, 271, 377, 558, 660, 777, 794, 959
- смесь с глюкозой 2/442
- хлоридины 1/960, 1144, 1146, 1148
- цветная реакция 3/1054
- эфир 1/1146; 2/805, 1184; 4/54, 91, 172, 800. См. также *Глицериды*
- Глицеринборная кислота 1/990
- Глицериновая кислота 1/1146; 3/613, 700
- Глицериновое брожение 3/627
- Глицериновый альдегид 1/1146, 222, 652, 1147; 2/905, 906; 3/263, 265, 569, 570, 687, 688; 5/37, 997
- Глицеринитринат 3/505, 507, 531, 532. См. также *Нитроглицерин*
- Глицерин-2(3)-фосфаты 2/364, 365; 3/615, 616
- sn-Глицероальдегидфосфат 1/165
- Глицеро-3-диацилфосфорные кислоты, см. *Фосфатидовые кислоты*
- Глицероза 3/263, 265
- Глицеролоз 2/304
- Глицеролипиды 2/141, 1188
- Глицерофосфатиды 4/379, 744
- Глицерофосфаты 2/1177, 1190, 1191; 4/1010; 5/244, 246
- 1,3-бис-(sn-Глицеро-3-фосфо)глицерин 2/187
- Глицерофосфолипиды 2/187, 1189–1191; 5/268–270
- Глицерофосфолин 2/1190; 5/245
- sn-Глицеро-3-фосфотаноламин 5/246
- Глицид 1/180, 1147–1149; 4/54
- Глицидальдегид 1/1147
- Глицидилакрилат 1/1148, 1149
- N-Глицидилденамин 1/1147
- Глицидилметакрилат 1/1147, 1148, 1149; 3/744; 4/765
- Глицидиловые эфиры 1/179, 1147–1149; 2/804; 3/728; 5/964
- Глицидные эфиры 1/1148, 198, 956, 1222
- Глицидный спирт 2/91
- Глицидол 1/1148, 180, 1147, 1149; 4/54; 5/959, 962
- Глицидланинамид 2/414
- 2-(N-Глицидамино)бензойная кислота 1/80
- N-Глицид-N-валилиламид 2/414
- Глицидиланинамид 2/414
- Глицидиптихи 1/1150
- Глицидил-рНК-синтетазы 1/240
- Глицин 1/1149, 145, 249, 251, 268, 391, 415, 471, 510, 783, 1067, 1152; 2/736, 856, 1084; 3/198, 279, 660, 619, 620, 622, 623; 4/149, 190, 215, 253, 397, 642, 1075, 1247, 1248, 1261; 5/215, 584, 784
- амид 2/76
- бетаин 1/544; 3/619, 620
- определение 2/743
- этил 2/76
- Глобально-нежесткие молекулы 3/393
- Глобары 3/768
- Глобин 2/974; 3/175
- Глобулины 1/318, 471, 552; 4/381, 1171; 5/1, 971
- Глобулы 2/1264–1266; 4/663
- Глобулярные белки 1/470, 471, 475, 481, 482; 2/735, 736, 857; 3/922; 4/79; 5/161, 162
- иммунные, см. *Иммуноглобулины*
- комплект 2/874, 875, 876
- Глопан 4/49, 50
- Глубокое охлаждение 5/593
- Глудантан 4/237
- Глутакоат 3/613, 617, 618
- Глутаконовая кислота 3/613, 617, 618
- Глутаконовый альдегид 3/1046; 4/1168
- Глутамат 1/1152; 3/613, 619, 620, 1089, 1090; 4/1261, 1262
- Глутаматдегидрогеназа 1/1149; 2/968; 3/697, 810
- Глутаматсвязывающий белок 1/484
- Глутаматсинтаза 1/1149, 1150
- Глутамил-карбоксипептидазы 5/216
- Глутамилпептиды 1/1150, 1151
- Глутамилполуальдегид 3/619, 620
- γ-Глутамилтрансфераза 1/1150, 483, 1151, 1153
- γ-Глутамилфенилгидразиды 1/1150
- L-γ-Глутамил-L-цистеинилглицины 1/1152, 1153. См. также *Глутатион*
- L-Глутамилцистеинсинтаза 2/1169, 1170
- γ-Глутамидный цикл 1/1150
- Глутамин 1/1151, 249, 394, 1097, 1149, 1150; 3/175, 198, 619, 620, 810, 931; 4/190, 1260–1262
- Глутаминидаза 1/1151; 3/810
- Глутаминовая кислота 1/1151, 118, 249, 395, 435, 484, 551, 749–751, 783, 1008, 1098, 1149, 1150, 1152; 2/364, 395, 457, 577, 1178; 3/156, 175, 176, 199, 200, 470, 613, 711, 809–810, 881, 928, 931, 937, 1098; 4/249, 391, 491, 1240; 5/159, 161
- α-амид 1/1151
- γ-амид, см. *Глутамин*
- определение 2/292
- полу(семи)альдегид 4/192, 1260–1262
- соли 1/1152; 3/1089, 1090
- Глутаминсинтаза 1/1152, 1150; 2/1169
- Глутаминсинтаза-аленилтрансфераза 1/1152
- Глутарат 3/613, 617, 618
- Глутарилполуальдегид 3/617–620
- Глутаримид 1/292; 2/417
- Глуаровая кислота 1/644, 652; 2/107, 108; 3/613, 617, 618, 1059; 5/793
- Глуаровый альдегид 1/119, 140, 452; 2/18, 233, 235, 422, 463, 464; 3/1038
- Глутатион 1/1152, 484, 745, 1150, 1151, 1154; 2/968; 3/470, 920, 927, 934; 4/524, 1236, 1242; 5/768
- Глутатионредуктаза 1/1153; 4/524
- Глутатионтрансферазы 1/1153, 1154; 4/1242
- Глутелины 4/190
- Глюкагон 1/1154, 39, 323, 1156, 1171; 3/199, 626; 4/516, 609, 758; 5/271
- экзо-1→3-β-Глюканазы 2/1144
- Глюкангидролазы 5/661
- Глюканы 2/31; 4/34, 35, 39; 5/662. См. также *Целлюлоза*
- Глюкоамилаза 2/464
- Глюкобрасиины 4/653
- Глюкоза 1/1154, 198, 232, 328, 558, 744, 745, 1000, 1100, 1126, 1127, 1130, 1131, 1135–1137, 1154–1156, 1160; 2/30, 31, 221, 232, 367, 368, 464, 958, 959, 968, 988, 989, 1078, 1144, 1145, 1153, 1162, 1193, 1200, 1211, 1278, 1331; 3/157, 197, 198, 263, 266, 269–271, 517, 578, 579, 614, 748, 811, 918–920; 4/31, 215, 427, 431, 578, 581, 653, 759, 769, 812, 880, 920, 1010, 1119, 1160, 1262; 5/37–39, 153, 196, 201, 271, 370, 373, 375, 589, 661, 663, 693, 769, 903, 957
- биосинтез, см. *Глюкогенез*
- дозиметрия 2/221
- как метаболит 1/483, 484, 609; 3/625. См. также *Гликолиз*, *Пентозофосфатный цикл*
- β-D-конъюгат с АБК 1/15
- меченая 3/148
- мутаротация 2/364; 3/298
- оэзон 3/656
- определение 2/292, 423, 1329; 4/399; 5/148–159, 819, 916
- пищевая 1/101, 1155; 2/464, 539
- смесь с глицерином 2/442
- содержание в крови 1/48; 2/476, 695, 1223; 3/626
- таутомерия 3/266
- ферментация 2/544
- эфир 1/1064; 4/978
- Глюкозамин 1/260, 263, 264, 1022, 1137; 2/486, 1196; 4/1010, 1241; 5/37, 547
- Глюкозаминоглюкуроноглюкан 4/35
- D-Глюкозамин-N-сульфат 3/286
- Глюкозиды 1/232, 1126; 3/198; 4/582
- Глюкозиды 1/415; 2/972, 973; 3/294
- 3,5-Глюкозил-β-гидрокси-2-флавеиол 1/347
- 3,5-Глюкозил-3',5'-метоксн-2-флавеиол 1/347
- Глюкозилтрансферазы 1/1126; 2/988*
- 3/198
- Глюкозилцерамид 1/1140
- α-D-Глюкозо-1,6-дифосфат 4/1242
- Глюкозоизомераза 2/464
- Глюкозооксидаза 1/1155; 5/148–151, 916
- D-Глюкозо-1-фосфат 1/1126, 1131, 1132, 1135, 1156; 3/613, 615; 4/1242; 5/308
- D-Глюкозо-6-фосфат 1/484, 1000, 1132, 1135, 1156; 2/364, 1211; 3/614–616, 625, 918–920; 4/1242; 5/284, 308, 347
- Глюкозо-6-фосфатаза 1/1098; 5/242
- Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа 1/1153; 3/469, 471, 918, 921
- Глюкозо-6-фосфатизомераза 2/364
- Глюкозоизомераза 1/554; 3/157
- Глюкозо-фруктовые сиропы 2/464, 539
- β-Глюконозосахариновая кислота 4/904
- Глюкокортикоиды 2/957–960; 4/517, 862, 863
- Глюкоминаны 1/1006; 2/1278; 4/34
- Глюконат 3/613
- D-Глюконат-6-фосфат 3/615, 616
- Глюкогенез 1/1155, 556, 1142, 1154, 1156, 1173; 3/198, 270, 614, 617, 623, 811, 920, 1083; 5/270, 1015. См. также *Гликолиз*
- Глюкоиновая кислота 1/1101, 1154, 1155; 2/989, 1164; 3/613, 877; 4/1109; 5/39, 148
- δ-Глюкоолактоны 1/1155
- Глюконы 1/1130
- β-Глюкопиранозиды 1/1128
- D-Глюкопиранозил-D-глюкозы 2/1144; 3/747

- α-D-Глюкопиранозил-α-D-глюкопиранозид 3/747
 О-α-D-Глюкопиранозил-(1→4)-О-α-D-глюкопиранозил-(1→4)-D-глюкоза 3/747
 α-D-Глюкопиранозил-β-D-фруктофуранозид 4/581, 582
 Глюкопиранозы 1/1154, 1155; 2/30, 31, 987, 1144; 3/266, 749; 5/607
 α,β-D-Глюкофуранозы 1/1154, 1155; 3/266
 Глюкохолестерин 5/589
 Глюкоцереброзиды 5/693
 D-Глюкуронат 3/615, 616
 Глюкуронатредуктаза 1/745
 Глюкуронидазы 1/551
 Глюкурониды 1/325
 Глюкуроновая кислота 1/300, 301, 745, 1022, 1154; 2/959, 1163; 3/286; 4/35, 36, 215, 1171; 5/37, 92, 93, 109, 971
 D-Глюкуроно-1-фосфат 3/615, 616
 Глютинин 4/190, 191
 Глютиновые клеи 2/799, 802
 Глюцитол 4/769
 Глиелина реакция 2/279
 Глиение 2/767, 1149, 1169; 3/1169
 Говяжий жир 2/85, 303, 304, 307–309; 3/302, 395, 730; 5/1005
 Годемара реакция 4/513
 Годлевскит 3/486
 Голя уравнение 2/608, 609
 Голография 2/49; 5/320, 327–329, 475
 Голтисс 1/1033
 Голубые красители и пигменты метиленовый 5/146
 толуиленовый 2/438
 фталоцианиновые 2/330, 1003; 4/673; 5/382, 385
 цианал 43 5/700
 Гольданского–Карагина эффект 3/68
 Гольде "горячий способ" 1/398
 Гольджи аппарат 1/1140
 комплекс 3/198
 Гольдмана приближение 3/48
 Гольдшмидта закон 2/789
 правило 2/370; 4/1004; 5/99
 Голье 2/835, 836
 Гольмий 1/1156; 5/937
 алюминиевый гранат 2/222
 галлиевый борат 2/222
 нитрат 1/1157
 оксиды 1/1157; 4/1057
 определение 5/436
 органические соединения 2/1147
 ортованадат 1/672
 получение 1/1157
 применение 1/1157, 1185; 2/547
 свойства 3/957, 958, 1093; 4/432–434; 5/164
 фторид 1/1157
 хлориды 1/1157; 4/437
 цианид 5/703
 Гомберга реакция 1/1157, 1158; 2/73, 75
 Гомберга–Бахмана реакция 1/1157, 1158
 Гомберга–Бахмана–Хей реакция 1/1157, 1158; 2/17; 3/1045; 4/62, 1157
 Гомоадамантины 1/606
 Гомоазотропы 1/67
 Гомоаконитат 3/617, 618
 Гомоаллильные соединения 1/177, 183, 184
 Гомоапорфиновые алкалоиды 5/120
 Гомоароматичность 1/378
 Гомобензол 1/378
 Гомоэвтриламингидрохлорид 2/222
 Гомогенизация жидкостей 2/146
 пластичных смазок 3/1127
 сплавов 2/201
 Гомогенная нуклеация, см. Аэрозоль
 Гомогенно-гетерогенный катализ 2/663
 Гомогенности область, см. Нестехиометрия
 Гомогенные реакции (процессы) 1/1158; 4/415; 5/465. См. также Гомогенные системы
 алкилирование 2/380
 газификации твердых топлив 1/881
 газификация 1/1158; 2/850, 851
 гидрирование 2/670; 3/84, 737
 гидролиз 2/340
 горение 1/1169, 1170
 детонация 2/46, 67
 диеновый синтез 2/101, 102
 и реология 4/487
 и эффект клетки 2/810, 811
 изотопный обмен 2/387, 388
 каталитические 1/1158–1161; 2/688–691, 756, 757; 5/333, 712, 713. См. также Гомогенный катализ
 кинетика 2/759, 897, 898, 1259, 1260; 4/164, 165
 колебательные 2/850, 851
 конденсация 3/804
 – в объеме пара 2/890–892
 механизмы 3/140–143
 окисление 1/1158; 2/757
 отверждение 3/839
 поликонденсация 5/275
 полимеризация 3/1198, 1199, 1232; 5/571, 729–731. См. также Гомополиконденсация, Гомополимеризация, Гомополимеры
 растворители 4/360
 эпитаксия 5/958
 Гомогенные системы 1/1158, 1049, 1126; 4/272. См. также Гомогенные реакции (процессы), Гомогенный катализ
 диаграммы состояния 2/55, 57, 61
 зарождение новой фазы 2/316–320
 и лиофобность 2/1183
 коллоидные, см. Дисперсные системы, Коллоидные системы
 координационные, см. Гомодесмические кристаллы
 критическое состояние 2/1074, 1076, 1077
 макро- и микрокомпоненты 2/1254
 расслоение 1/1216
 растворы, см. Растворы, Реакции в растворах
 Гомогенный катализ 1/1158, 392, 1159–1161; 2/661, 663, 665, 666, 670, 688–691, 921; 4/416; 5/179. См. также Гомогенные реакции (процессы), Гомогенные системы
 асимметрический 1/392
 кислотно-основной 2/692, 770–774
 кластерный 2/797
 металлокомплексный 1/1160, 1161; 2/797, 921; 3/77–80; 5/365
 окислительно-восстановительный 3/665–667
 Гомогентзиновая кислота 3/627
 Гомогентизат 3/617, 618
 Гомопластины 4/34
 Гомодесмические кристаллы 2/1055, 1056
 ковалентные 2/832, 833
 минералы 3/164
 полупроводники 4/105
 Гомодетные пептиды 3/930, 934
 Гомо-диеновый синтез 2/101, 102
 Гомоизопреноиды 3/617, 618, 622
 Гомоизоцитрат 3/617, 618
 Гомокоденсация 3/804
 Гомолигандные соединения 2/373, 374, 641
 Гомолиз 1/491, 1060, 1162, 1182; 2/830, 874; 3/760, 976, 1056. См. также Гомолигандные реакции
 Гомолитические реакции 1/1162, 140, 1060, 1158; 2/965, 1021; 3/762, 763; 4/415; 5/311. См. также Гомолигандное бензилирование 3/1043
 биомолекулярные 2/831
 галогенирование 1/954
 гидрогалогенирование 1/1084
 дезаминирование 2/17, 379
 деструкция полимеров 2/39
 заместительные 1/140; 2/313, 314, 831, 1021, 1251, 1252
 и давление 1/1217
 кинетика 2/898
 метелесия 1/952, 953, 1162
 нитрование 3/530
 окислительно-восстановительные 3/665
 по Коупу 2/966
 по Меервейну 3/10
 по Пшорру 4/278, 279
 присоединительные 1/1084; 2/746; 4/176
 радикальные 1/1162; 2/313, 314. См. также Радикальная полимеризация
 теломеризация 4/1027
 термохимические 2/465, 466; 3/346
 фосфорилирование 5/295
 фотохимические 5/353, 355, 356
 цепные 1/1162; 2/313. См. также Цепные реакции
 Гомологи 1/1162, 1163
 Гомологизация 1/1162, 370, 371, 1163
 Гомологическая разность 1/1163
 Гомологический ряд 1/1163; 3/573, 785, 1093, 1160; 5/622
 Гомомевалонат 3/617, 618, 622
 Гомомевальдт 3/617, 618
 Гомомерные пептиды 3/924–926, 930
 Гомомолекулярные кристаллы 3/226
 Гомоморфизм 2/1068
 Гомоморфиндиеноновые соединения 2/1068; 5/119
 Гомоморфинаны 3/274–276
 Гомоолигосахариды 3/746, 747
 D-(+)-Гомопантотеновая кислота 3/578
 Гомополиаминокислоты 3/934
 Гомополикарбонат 3/1251–1253
 Гомополиконденсация 3/1254; 4/44
 Гомополимеризация 1/858; 2/1267, 1272; 3/1265, 1269; 4/28, 54, 64, 734. См. также Гомополимеры
 ионная 2/284
 координационная 2/921
 радикальная 2/284
 Гомополимеры 1/995; 2/708, 809, 1324, 1325; 3/123, 984, 1251–1254, 1258, 1268; 4/166–168, 763, 765, 766, 1087; 5/203, 204, 341, 398. См. также Гомополимеризация
 Гомополисахариды 1/323; 4/34
 Гомополифосфазены 4/65, 66
 Гомопропорфиновые алкалоиды 5/120
 Гомосерия 1/39, 479; 3/133, 619, 620; 4/1248
 Гомосопряжение 4/766
 Гомотопия 4/1211–1213, 1215
 Гомотопомеризация 4/1215
 Гомотриптамины 5/197
 Гомоферментативное брожение 1/609
 Гомофталевая кислота 2/439; 5/379, 380
 Гомохроность, число 3/1184
 Гомоцепные полимеры 1/858
 кремнийорганические 2/1015, 1016
 неорганические 3/419
 пленкообразователи 3/1139
 трис-Гомоциклопропенил-катион 1/378
 Гомоцистеин 1/39, 741; 2/970, 1194; 3/133, 619, 620, 624; 4/1241; 5/767
 Гомоцистеинсульфат 1/1150
 Гомоцитрат 3/617, 618
 Гомоэпитаксиальные пленки 4/112, 113
 Гомоэритриновые алкалоиды 5/120, 969, 970
 Гопадолиберия 1/1163, 1164; 5/218
 Гопадоптрин(ы) 1/1163, 1164; 4/1169, 1172
 хорнонический 5/605, 218, 606
 Гонан 4/864
 Гопадоптрин(ы) 5/1047, 1048
 Гопадометрия 2/1065
 Гонан 3/379, 380
 Гопент 5/251, 749
 Гопалит 1/885, 903; 2/672, 1291
 Горелки 4/191
 Горди метод 5/897
 Горелка(и)
 ацетиленовая 1/408
 Буизена 1/468
 погружные для выпаривания 1/851, 852
 Горение 1/1164, 1050, 1065–1171; 2/36, 102, 767; 5/508, 692
 безгазовое 4/575
 внутривещное 1/882, 1171
 газозное 4/574
 гетерогенное 1/1170, 1171; 4/575
 гомогенное 1/1169, 1170
 диффузионное 1/1165, 1167–1169; 2/192
 и детонация 1/705; 2/46, 47. См. также Взрыв, Взрывоопасность, Взрывчатые вещества
 и огнестойкость 3/647
 и пиротехнические источники газов 3/1075
 и самонагревание, см. Самовозгорание
 и самоорганизация 4/574
 и флогистон 3/412
 и химические реакции 2/625; 3/415, 421, 509, 648; 4/414
 ингибиторы 2/432, 433; 3/648, 649
 начальная стадия, см. Воспламенение
 объемное 1/1165, 1166
 пламенное 4/571, 575
 порохов 1/705; 4/134, 135
 прекращение, см. Огнетушащие вещества и составы
 регуляторы 4/1185
 с самоускорением 1/18
 самораспространяющийся высокотемпературный синтез 4/574
 сигнальных составов 4/668
 спиновое 1/1169, 1171
 тепловое 1/1164
 флегматизаторы 5/550
 флегматизаторы 5/550
 цепное 1/1164; 4/432, 433, 755
 Гормон(ы) 1/1171, 38, 1172; 4/758, 759, 1092; 5/151
 адриалин 1/48
 адренокортикотропин 1/50, 39, 51; 2/959
 аминокислотные 1/1171–1173
 анаболические 4/511
 антидиуретические 1/660, 661
 белково-пептидные 1/472
 белковые 1/471; 3/1134, 1135; 4/189, 190, 758, 759
 гипофиза 2/1228, 1229; 3/37
 глюкагон 1/1154, 39
 желтого тела, см. Гестагены
 инсулин, см. Инсулин
 как инсектициды 3/994
 как регуляторы гликолиза 1/1136
 – – метаболизма 3/626
 катехоламины 2/695

- лактогенный 4/189, 190
лактотропный 4/189, 190
липотропный 2/1200, 1201
лютеинизирующий 2/1228, 1229;
1/39, 1163, 1172, 1173; 3/401;
4/653, 1169; 5/218, 605, 606
мамотропный 4/189, 190
медиаторы 3/626
меланоцитстимулирующий 3/37, 36,
400; 2/1200
меченые 4/517
парастероидные 1/747
паратиреоидный 1/1156; 3/883, 884
пептидно-белковые 1/470
пептидные, см. *Пептидные гормоны*
половые 1/1164, 1171–1173; 3/786;
4/517; 5/589
противоопухолевые 4/236
растений, см. *Фитогормоны*
роста 1/553, 1026; 2/695; 3/212;
4/189, 757–759, 1001
соматотропный 2/695; 3/578;
4/757–759
стероидные, см. *Стероидные гормоны*
тимуса 1/1173, 1174; 3/400, 934
тиреотропный 4/1169, 516, 758,
1170, 1172; 1/39, 340; 2/1228;
5/218, 606
тканевые 2/759, 760
фолликулостимулирующий 5/217,
218, 605; 1/1163, 1172; 2/1228;
3/401; 4/1169
щитовидной железы, см. *Тироксин*
эстрогеновые, см. *Эстрогены*
ювенильные 2/378, 474, 787; 3/622;
5/1014
- Горюхимическое сырье 1/1174, 1175;
3/406, 1193, 1197. См. также *Полезные ископаемые, Руды*
- Горючие породы 4/560, 561, 674, 680.
См. также *Минералы*
возраст, метод определения
калий-аргоновый 2/562
рениево-осмиевый 4/467
как дисперсные системы 2/156
кислотоупорные 2/776
осадочные 2/349
отбеливающие земли 3/837, 838
петрохимия 3/996, 997
- Горный воск 1/339, 565, 825–827;
4/101
- Горный хрусталь 2/222, 776, 1027,
1028, 1064; 3/167; 4/834
- Горчичные масла 4/167, 172, 377–381,
383, 1166–1169
- Горькая соль, см. *Эпсомит*
- Горэтекс 5/389
- Горючесть 1/1175, 838, 1176, 1177. См.
также *Антипирены*
и огнестойкость конструкций 3/646,
647, 1119, 1187, 1252
и распространение пламени 3/1187
- Горючие ископаемые 1/553, 554
газы, см. *Газы природные горючие*
твердые, см. *Горючие сланцы, Каустобиолиты*
- Горючие сланцы 1/1177, 1178; 2/341,
703, 1004, 1215; 3/450, 451, 1054,
1193; 4/701–703, 1210; 5/42
газификация 1/878, 881
гидрогенизация 4/526
обогащение 3/631
полукислотование 1/1177; 2/964, 965;
4/100, 101
- Горячие квантовые переходы 2/853
- Горячие покрытия 2/950
- Горячие частицы
атомы 1/1178, 1179; 2/217, 385, 528,
532; 3/148; 5/1016
радиоактивные 4/318, 319, 332, 337
Госспол 4/381; 5/551
- Гофацид 2/342
- Гофмана
перегруппировка 1/230, 469, 1179;
2/83, 405, 416, 1213; 3/1029,
1030; 4/610; 5/380, 785
правило 1/1180; 4/425; 5/939
расщепление амидов 1/279, 1179;
5/947
реакции 1/1179, 187, 261, 272, 285,
348, 989, 1075, 1180, 1181; 2/17,
82, 1107; 3/107, 276, 523, 739, 765,
1031, 1032, 1195; 4/610, 895;
5/88, 277, 557, 733, 744, 758, 939,
979
- Гофмана–Лёфлера реакция 1/1181;
3/1080; 5/714
- Гофмана–Лёфлера–Фрайтага реакция
1/1181
- Гофмейстера ряды 2/1181
- Гохштейна метод 5/845
- Гравий 1/544; 3/636
- Гравиметрия 1/1182, 54, 112; 2/35, 36,
445, 553, 562, 580, 654, 856, 871;
2/988, 1009, 1104, 1202, 1235; 3/8,
62, 161, 245, 306, 349, 447, 487, 492,
512, 713, 819, 1134; 4/159, 395, 396,
467, 550, 557, 615, 640, 876, 945, 975,
982, 1021, 1056, 1126, 1174; 5/77,
284, 489, 497, 659, 722, 723, 750, 762,
933
метод Коршун–Климовой 2/960
термонеустойчивых веществ, см.
Термогравиметрия
электродная, см. *Электрогравиметрия*
- Гравитационные аппараты
каплеуловители 2/613
классификаторы 2/790
пылеуловители 4/285
сепараторы 1/931
флотаторы 5/206
экстракторы 5/830, 831
- Гравитационные процессы
обогащение 3/631–633; 4/545
осаждение 4/282, 285
- Градан 3/776
- Градиентные материалы
оптические 3/776, 777
покрытия 2/1130
радиопоглощающие 4/332
- Градиенты
давления 3/38–40
и коагуляция аэрозолей 1/448
и хроматография 5/426, 625–628
и алюминирование 2/298; 5/426
концентрации 1/560, 561; 2/1299–
1307; 3/38, 42, 43, 947–949
температуры 5/625–628
электрического потенциала 3/38, 41
- Градири 1/1183, 773, 905; 2/881
- Градуировочный график, метод 5/173
- Градусы
жесткости воды 2/282
Кетстоффера 2/306
Грайанотоксин 5/1054
Гракаукаса реакция 1/1184
- Гралей 5/49
- Граминидины 1/560; 2/523, 1158;
3/671, 809, 924–927; 5/1, 121
- Граммоналы 1/280
- Граммонины 1/221, 280
- Грамм-эквивалент 5/803
- Грамоксон 1/1032
- Гранаты
природные 1/587; 2/1064, 1072,
1240, 1243; 4/438, 675, 680, 681
синтетические 1/1184, 875, 876;
2/223, 371, 547; 3/777; 4/712;
5/24, 162–164, 633
– гадолиниевые 1/1185; 2/222
– германиевые 1/1035
– иттербиевые 1/1184, 1185
– иттриевые 1/1184, 1185; 2/222,
1072, 1119, 1123, 1124; 3/256,
410; 5/163
- Грандаксин 4/1225, 1226
- Грандлур 1/415
- Граниты и гранитоиды 2/327, 1027;
4/561, 1039
- Граничные орбитали, теория 1/1185,
843, 1186; 2/281, 282, 362, 363, 779;
3/82, 236, 783, 787, 788, 964; 4/419,
744; 5/643, 646
- Гранозан 4/247, 554
- Гранулирование 1/1187, 1188, 1189;
2/339, 340, 670, 707, 870; 3/144, 172,
520, 993, 1120; 4/265, 293, 953, 967,
974; 5/62, 144. См. также *Гранулометрический состав материалов*
- Гранулиты 1/221, 280, 282; 2/131;
4/731
- Гранулометрический состав материа-
лов 1/686, 1187; 2/350, 351, 789;
3/1009, 1012; 4/179, 709, 710. См.
также *Грохочение, Классификация, Ситовой анализ*
- Гранулярность фотоматериалов 5/317,
321, 322
- Грасгофа число 2/1301; 4/1047
- Грассмана
диаграммы 5/807, 808, 810
закон 5/652
- Графаллой 1/1192
- Графил 5/49
- Графит 1/1189, 188, 344, 345, 408, 409,
810, 1190–1192, 1194, 1215; 2/354,
767, 838, 879, 1029, 1056, 1319;
3/240, 406, 419, 420; 4/73, 499, 500,
636, 1126, 1155, 1193, 1207, 1221;
4/141, 333, 654, 725, 755, 821, 857,
1039, 1247; 5/42, 43, 103, 208, 413,
503, 553, 664, 854, 901, 903, 904, 909,
936. См. также *Графитизация*
вбляция 1/1
антифрикционный 5/39
взрывчатые смеси
волокна 3/329
гидросульфат 1/1193, 1194
дисперсии 4/172
и алмаз 3/164
интеркалатный 2/477
как адсорбент 1/884; 2/863
как антистатик 1/339
как антифрикционная добавка
2/601
как замедлитель нейтронов 3/401
как наполнитель 1/2; 2/800, 868,
878, 879; 3/327, 328, 646, 913,
1116; 5/134, 143, 371
как носитель 2/677
как полуметалл 4/101, 102
как полупроводник 4/108
как присадка 3/277
как радиопоглощающий материал
4/332
как средство пожаротушения 3/648,
649
как твердая смазка 4/1007, 1008
кластерный 2/797, 798
метеоритный 2/962
механическая активация 3/146
обогащение 5/205
огнеупорный 3/649, 650
полиморфизм 3/147; 4/23
радиационная стойкость 4/291
рекристаллизованный 5/40
силицированный 5/40
склеивание 2/800
соединения 1/1193, 1191, 1194;
2/560; 3/348, 895, 1216; 4/814;
5/43, 387–390. См. также *Графитопласты, Углеграфитовые материалы*
сплавы 2/255–257, 271; 3/243, 246;
4/809
фторированный 1/343, 973
хлопьевидный 2/256, 257
шаровидный 2/548, 948
электродный 2/950
- эрозионоустойкий 5/39
- Графитизация 2/256, 257, 839; 4/16;
5/40, 47
- Графитопласты 1/1194, 334, 1192,
1195, 1196; 3/327, 1119; 5/143, 908,
910
- Графопитаксия 5/958
- Графы, теория 1/1196, 1197–1202;
2/539; 3/322; 4/1214
- Гребне–Ульмана реакция 2/618, 636
- Гребковые сушилки 4/964, 965
- Гребнеобразные полимеры 2/289,
1266, 1267
- Гремучие соединения (смеси)
газ 3/824
золото 2/335
кислота 3/572
ртуть 1/1202, 706; 2/466, 467; 4/549,
603
серебро 2/365
студень, см. *Динамиты*
- Гресс–Хартли деградация 5/801
- Грибы
продуценты целлюлазы 5/662
мутантные штаммы 3/155
прыгающие гены 3/149–152
токсин, см. *Микотоксины*
- Гризелинций 3/924, 925
- Гризеофульвин 1/1202, 321; 4/227,
800; 5/417
- Гризутен 4/87
- Гриламид 3/1210
- Грилен 4/90
- Грима лампы 4/777
- Гримальдит 5/616
- Гримма правило 4/762
- Гринкокит 2/222, 551, 558
- Гриньяра реактивы 1/74, 150, 198, 199,
210, 366, 457, 496, 518, 532, 616, 740,
758, 869, 947, 1202–1205; 2/418,
439, 618, 642, 651, 673, 747, 874,
1024, 1139, 1147, 1148, 1203, 1235–
1237; 3/80, 108, 347, 540, 554, 556,
700, 762, 795, 800, 801, 816, 1026,
1078, 1227; 4/43, 620, 803, 918, 1133,
1156, 1167, 1201, 1253; 5/93, 94, 224,
225, 280, 432, 699, 757, 939, 998,
1010. См. также *Гриньяра реакция, Ионича реакция*
- Гриньяра реакция 1/1202, 392, 534,
1203–1205; 2/416, 533, 1148; 3/80,
350, 791; 4/62; 5/406, 973. См. также
Гриньяра реактивы, Ионича реакция
- Грисса реактив 4/394
- Гриффитса
критерий 4/489
уравнение 4/251
- Гриции 1/1202
- Гришкевича–Трохимовского–Мак-
Комби реакция 3/938
- Гроба фрагментация 5/365
- Гротгуса закон 5/357
- Грутит 2/1290
- Грохоты, см. *Грохочение*
- Грохочение 1/1205, 707, 1206, 1207;
2/351, 790; 3/144, 630, 637; 4/182,
636, 709
- Грубодисперсные системы 2/152
- Грузопришнурные манометры 2/1281–
1283
- Грунт(ы) 3/288. См. также *Грунтовки*
адгезионные 4/716
биологически активный АМБ
1/451, 452
для кровов 2/1079
как дисперсные системы 2/156
как шпатлевка 2/1129
коррозионная активность 3/1179,
1180
парниковый 4/1223
песчаный, дилатансия 2/111
структурообразование 4/20
торфяной 4/1223

- укрепление 4/834
эмульсионные 4/383
Грунтовок 1/1207, 153, 773, 790, 1208;
2/269, 354, 1015, 1128, 1129; 3/991,
1010, 1012, 1139, 1140, 1224; 4/92;
5/73, 134, 787, 1006. См. также
Грунты
Групповой анализ нефтей 3/458–465
Групповые уравнения состояния 5/72
Групповые частоты колебаний моле-
кул 2/854
Групповых разложений метод 4/828
Грушевая эссенция 2/359
Грэма соль 3/367
Грюнайзена правило 3/98
Грюнвальда–Уинштейна уравнение
2/942
ГТФ, см. *Гуаноэнтрифосфат*
Гуазатин 1/342; 4/247, 494; 5/421
Гуанамино-формальдегидные смолы
1/1209, 517; 3/282
Гуанамины 1/1209; 2/205; 3/35, 282
Гуанетидин 3/725; 4/694
Гуанид Ф 2/183
Гуанидин 1/1209, 379, 453, 566, 647,
968, 1210; 2/205, 402, 1004, 1084,
1275; 3/34, 280, 433, 646, 1050, 1115,
1239; 4/568, 694, 695; 5/799, 1013
Гуанидиний-катионы 1/1209; 5/248
Гуанидинийхлорид 1/478; 4/215;
5/817
бис-(8-Гуанидинооктил)амин 1/342
N-(2-Гуанидиноэтил)азациклооктан-
сульфат 3/724
Гуанизол 4/1254
Гуанилатциклаза 2/1169; 4/516, 538
Гуанилмочевина 2/205
Гуаниловая кислота 2/1323; 3/156,
1090
Гуанин 1/1012, 1013; 2/604, 877, 966;
3/297, 300, 585–588, 619, 620;
4/492, 522; 5/216, 217. См. также
Пуриновые основания
Гуано 1/1210; 2/498; 3/279
Гуанозин 1/1211; 3/173; 4/493, 519,
811. См. также *Нуклеозиды*
Гуанозиндифосфат 1/39, 1155, 1156,
1211; 4/516, 538, 1259; 5/270, 412
Гуанозин-5'-дифосфат-3'-дифосфат
1/1210, 1211
Гуанозинмонофосфаты 3/595; 4/516,
538; 5/270
5'-Гуанозинпентафосфат 1/1211
Гуанозинспецифический фермент
4/518
Гуанозинтетрафосфат 1/1210, 1211
Гуанозинтрифосфат 1/38, 39, 1155,
1156, 1169; 3/624; 4/516, 1211,
1229, 1259, 1261; 5/214, 270, 412
Гуанозин-5'-трифосфат-3'-дифосфат
1/1211
Гуанозинтрифосфат-оксисацетат-
карбоксилаза 5/270, 271
Гуанфация 1/1119, 1120
Гуаран 2/1278
Гуашевые краски 2/799
Губена–Хёша реакция 5/449
Губчатые материалы 2/1149; 4/131,
132
железо 2/252, 263, 273, 569
из плазмы крови 1/321
кадмий 2/553
крица 4/138
латексные 4/129
осмиевые 3/825
палладиевые 3/1133
пенопласт 2/328
платиновые 3/1129, 1133
протоионы 2/82
радиевые 4/533, 534
резины 1/566, 1069; 2/112, 1192;
4/129, 130; 5/730
рутеиновые 4/563
титановые 3/1069; 4/1174, 1179
цирконовые 5/762, 766
Гутенгейма теория 4/368
Гудлоу насадки 3/338
Гудроны(ы) 1/1211, 565, 727, 1106,
1212; 2/6, 32, 166–169, 844, 1251;
3/442, 443, 446, 458, 459, 472, 864,
1245; 4/1059, 1060
газификация 1/877
кислые 4/649, 928
очистка 3/466. См. также *Деасфаль-
тизация*
– дуосол-процесс 4/612
термический крекинг, см. *Висбре-
кинг*
Гука закон 1/1212; 2/54; 3/145, 219;
4/484, 486, 847, 994
Д-Гулоза 3/264
L-Гулолат 3/615, 616
D-Гулоновая кислота 1/744–746
D-Гулолактон 1/746
L-Гулолактооксидаза 1/746
L-Гулуриновая кислота 1/192; 4/36;
5/93
Гульберга–Вааге закон 3/413; 5/509
Гуматы 1/1212
Гумбрин 3/838
Гуминовые кислоты 1/1212, 626;
2/995; 3/789; 4/1223; 5/140, 204
Гумины 1/626
Гумито-сапропелитовые сланцы
1/1177
Гумиты 2/703; 4/579
торф, см. *Торф*
угли, см. *Антрацит*, *Бурые угли*, *Ка-
менные угли*, *Угли*
Гумификация 1/1212
Гуминарабик 2/799, 819; 3/1088;
4/555; 5/128
Гуммирование 1/1213; 5/799
Гумулан 4/660
α-Гумулен 4/659, 660
Гумус 1/1212; 3/457, 1179
Гумусовые кислоты 1/1212
Гурдинамиты 2/126
Гуроно–Видала правила 5/71
Гутеротин 3/596
Гутта 1/453, 1213
Гуттаперча 1/1213, 453, 858; 2/378;
3/407; 4/849
Гутцайт метод 3/306
Гухмаа число 3/1184
ГХЦГ, см. *Гексахлорциклогексан*
Гюбнерит 1/811
Гюш–Стодоли уравнение 5/809
- Д**
- 2,4-Д, гербицид 1/416, 956, 1027, 1028,
1034; 3/994; 5/585–587
Давление 1/1214; 3/882, 883; 4/2–6,
14–16
барометрическое 2/761
в критическом состоянии 2/1074–
1077
взрыва 2/47; 3/1187
высокое, создание 1/1219, 1220
газов 1/1215, 1216, 1219. См. также
Дальтона законы
гидростатическое 3/830
звукового излучения 2/491; 5/61
знакопеременное 2/491
и вязкость 1/872
и конформационное равновесие
2/913
и критерии подобия 3/1183–1185
и литье, см. *Литье под давлением*
и плотность 3/1145
и полиморфизм 3/147
и растворимость 4/356, 357. См. так-
же *Генри закон*
и сжимаемость 4/663, 664
и температура 2/788, 789; 3/1092;
4/1014, 1015
и термодинамическое равновесие
2/1168
и фазовые переходы 5/97–103
и фильтрование 5/187, 189–194
и экстрагирование 5/823
и электролиз 5/855
и энергия Гиббса 4/1071
и энтальпия 4/1071
измерение 1/661; 2/1280, 1281,
1283, 1284; 4/1032, 1033, 1081
капиллярное 2/607, 608, 611, 612;
3/1170, 1171, 1174
коэффициент кинетический 4/1067
– термический 5/69
мембранные разделители 2/1281–
1283
мономолекулярного слоя 3/260, 261
общее, изотермы 1/66
опорное 1/661
осмотическое 2/181, 293; 3/39, 40,
826–830; 4/366, 372, 373; 5/465,
499, 857
остаточные, см. *Вакуум*, *Вакуум-
метры*, *Вакуум-насосы*
паров и изотопный обмен 2/388
– – кривизна поверхности 3/1172,
1174
– над раствором 2/1317; 5/175, 499.
См. также *Рауля закон*, *Тензимет-
рия*
– нефтепродуктов 3/446
плоское 3/260, 261
поверхностное 3/260, 261
повышенное 2/881; 3/420. См. так-
же *Ударных труб метод*
приведенное 4/762, 763
радиационное 2/491; 5/61
расклинывающее 4/344, 345, 729,
1206, 1207; 2/859; 3/1174
скачок, метод 3/141; 4/818; 5/156
тургор 3/830
Давсонит 1/956
Дайлса кислота 3/386
Дайлампирон 3/1139
Дайналжен 4/203, 204
Дайнел 1/725
Дайфлон 5/403
Дакрил 4/22
Дакрон 4/87–91
Дактал 1/1028, 1029
Дактар 4/228, 229
Дактиномицин 1/134, 135; 4/235
Далапон 1/1027; 5/583
Дальний порядок 5/515
в жидкостях 2/300
в квазикристаллах 2/714
Дальтона законы 1/1121; 3/413; 5/508
Дальтоиды 3/434; 4/150; 5/515
Далъ кислота 3/382
ДАМ, см. *Диантипирилметан*
Даминозид 4/429
Дамкёлера число 2/1256, 1259–1261;
3/1100, 1101
Даммара 4/739
Даибурит 1/587
Даниеля–Якоби элемент 1/1221;
5/489, 919
Даикверта теория 2/1303
Данлай 4/30, 31
Дансил-белки 5/801
Дансилпептид 1/476, 479
Дансилхлорид 1/476; 5/801
Дансильный метод 1/476
Дарзана реакция 1/1221, 198, 941, 956,
1148, 1149, 1222; 2/647, 745; 3/732
Дарси закон 1/1106; 2/1257; 5/183
Дарси–Вейсбаха закон (уравнение)
1/1105, 1106; 5/674
Дативная связь 1/432; 2/919, 927;
3/82, 83, 735
Датистичи 2/873
Датолит 1/587
Датчики 1/754
бесшкальные давления 2/1280,
1281, 1283, 1284
Холла 1/1039; 2/452, 453; 3/501;
4/619
Даунозамин 1/357
Дауномицин 1/356
Даутерм 1/567; 2/185; 3/1017; 4/1050
Дауэкс-50 3/57
Дафнилактоны 1/144
Дафнифиллины 1/144
Даффа реакция 2/1; 1/199, 990; 3/689;
4/570; 5/224
Движение, термодинамические уравне-
ния 4/1067
Движущая сила
обмена веществ 3/624
процессов 2/1299–1307; 3/38–43,
53, 421, 422; 4/452, 1063; 5/183,
496, 820, 825
Двойная связь 1/173; 2/376, 630, 633,
646, 740, 983, 984, 1086, 1102–1104,
1109, 1110, 1156, 1157; 3/395, 397,
658, 661, 737, 785, 787, 1242, 1243;
4/511; 5/413–415, 439, 542, 570,
767, 961. См. также *Кратные связи*
Двойное лучепреломление 2/292, 739,
852; 4/125; 5/539
Двойной магнитный резонанс 2/1239;
4/304, 795; 5/892, 893, 1028
Двойной суперфосфат 1/587; 2/590,
829; 3/4, 172; 4/940–942; 5/306, 756
Двойной электрический слой 2/1, 2–4,
155, 156, 200, 331, 332, 408, 429, 816,
817, 859; 1/60, 560; 3/1173; 4/128,
153, 154, 344, 345, 952; 5/59, 105,
106, 466, 639, 829, 839, 840, 845, 846,
848–850, 898, 910, 914, 922–925
Двойные системы. См. также *Много-
компонентные системы*, *Растворы*
азеотропии 1/66–68
диффузия 2/197–200
законы Коновалова 2/899
как твердые растворы 2/1002, 1004,
1039
критическое состояние 2/1072–
1077
парциальные молярные величины
3/886, 887
полупроводники 4/102–118
разделение, см. *Разделение*
распределение, коэффициент 2/942
соединения, см. *Двойные соединения*
составы 3/188
фазовые диаграммы 2/57–63, 1039;
5/97–101
Двойные соединения
бораты 2/222
гидроксосоли 5/752
кальция-алюминия 2/582
карбонаты 2/637
молибдаты 3/241
номенклатура 3/575, 576
оксиды 2/580, 662, 1278; 3/698
соли(ы) 4/745, 746; 5/249, 251, 252.
См. также *Индивидуальные пред-
ставители*
– Мора 2/264, 272
сульфаты 2/562, 570, 582, 729–731,
1292; 4/904; 5/671, 754. См. так-
же *Квасцы*
сульфиды 4/909, 911
удобрения 2/869, 870; 3/172
фосфаты 2/571; 5/249, 251, 252. См.
также *Двойной суперфосфат*
хлориды 2/572
хроматы 5/631
Двойные спирали
актина 3/177
ДНК 2/877, 1266; 3/586, 587, 593;
4/450–452, 493, 495–498
Двуудольные графы реакций 1/1199–
1201

- Двумерная бумажная хроматография 1/625, 626
- Двуединица радиоактивности 4/316
- Двапротонная радиоактивность 4/316
- Духотомные молекулы. См. также *Молекулы*
- взаимодействия 3/16–20
- колебательные состояния 2/1310
- Двухквантовые реакции 2/4, 5, 728; 3/189; 5/357
- Двухкислотные основания 2/81
- Двухосновные кислоты 1/298, 971. См. также *Дикарбоновые кислоты*, *Карбоновые кислоты*
- ангидриды 3/280
- ароматические 3/279, 280
- эфир 2/110, 111
- Двухразмерные веса 1/685, 687, 688, 690, 691, 699, 700
- Двухтяжелевые полимеры 2/1166
- Двухупаковочные клеи 4/443
- Двухцентровые молекулярные интегралы 3/223
- Двухцентровые связи 1/665–667; 2/918, 919, 983, 984, 1172; 3/73, 80
- Двухэлектронные интегралы 3/222
- Двухэлектронный перенос 1/1159
- ДД, фумигант 1/949; 3/405
- ДДБ, фумигант 3/405
- ДДВФ, инсектицид 2/472, 473; 5/416
- ДДТ 1/949; 2/469, 471, 473, 475, 1156; 3/304
- дихлоргидраза 2/1169
- Деаленирование 1/1152
- Деактиваторы металлов 2/103; 3/278; 4/174, 175, 400
- Деалкилирование 2/5, 6, 410, 678, 684; 1/599, 602, 1090; 3/81, 1046; 4/526
- Деалкоксикарбонилирование 2/647
- Деамидирование 2/395
- Деаминирование 2/16, 17. См. также *Деаминирование*
- Деарилрование 3/81
- Деароматизация 1/52; 2/738
- Деасфальтизация 2/6, 7, 32, 168, 678; 1/398, 991, 1106; 3/441–443; 4/611, 612, 650, 1059
- Деацилазы 3/879
- Деацилирование 2/1190
- Дебая
- закон 4/1039
- модель 3/66
- радиус экранирования 2/7; 3/1094, 1095; 4/374, 375
- температура 3/66, 1092; 4/997, 1039
- уравнение 2/208; 3/17; 4/297, 409
- Дебая–Фалькенхагена эффект 5/900
- Дебая–Хюккеля
- предельный закон 2/7
- теория 2/7; 1/127; 4/79, 187, 375, 376, 576; 5/588, 900, 923
- Дебензилирование 2/6
- Дебнера–Миллера реакция 2/8, 1081; 5/526
- Дебнера модификация 2/813
- Деборирование 1/596
- Дебос 2/37
- Дебризохин 4/694
- Деброманилизационный 5/1045
- Дебромирование 4/854
- Дебутирование 2/6
- Деварда сплав 3/505, 518
- Девинка 4/459, 460, 774
- Девитрокеран 4/706
- Девринол 1/1029
- Дегазация 2/9, 10, 585; 3/363, 847; 5/501, 502, 557, 558, 588, 981
- в звуковых полях 5/59, 62
- жидкостей 1/773; 2/491
- зарина 2/315
- защитной одежды 2/325
- люизита 2/1216
- табуна 4/972
- Дегалогенирование 2/10, 11, 69, 138, 741, 858; 1/947, 993; 3/105, 432, 739, 854, 986
- Дегелин 4/541, 854; 5/721
- Дегидратация 2/11, 36, 100, 106, 116, 118, 121, 211, 214, 246, 340, 373; 1/300, 1058, 1077, 1101; 3/119, 122, 202, 407, 739, 761, 1024, 1026, 1046; 4/648, 801, 802, 805, 940; 5/57, 291, 995
- в реакциях конденсации 2/888, 889
- внутримолекулярная 2/629
- и термический анализ 4/1057
- каталитическая 2/664, 889; 3/123, 515, 1081; 5/983
- кислотная 2/773
- межмолекулярная 2/11, 12, 629; 3/186, 187, 601
- по Зайцеву 2/310, 311
- по Мицунобу 3/186, 187
- по Реформатскому 4/512, 513
- ретроенилидевая 4/511
- самопроизвольная 3/986
- трансанилиновая 4/1227
- циклическая 1/568
- Дегидрацетовая кислота 1/337, 338; 2/102; 3/1088
- Дегидрирование 2/12, 8, 13, 27, 29, 211, 309, 375, 407, 419, 456, 684, 739, 747, 1005; 1/140, 684, 685, 1025, 1054, 1057, 1082; 3/122, 128, 449, 801; 4/193, 208, 740; 5/524, 978, 995. См. также *Дегидроенизация*
- каталитизаторы 2/670, 12, 23, 26, 100, 210, 216, 663, 665, 671, 678; 3/45, 46, 123, 324; 4/193, 803, 869, 1081; 5/127, 133, 222, 223, 332
- окислительное 2/642, 665, 747; 3/390; 4/869; 5/222, 223, 535, 735
- парофазное 5/127, 222, 223
- по Оппенгауэру 3/767
- фотохимическое 5/332
- Дегидроабнетиновая кислота 2/283, 602; 4/741, 742
- Дегидроаланин 3/472
- транс-Дегидроандростерон 2/68
- Дегидроароматизация 1/374, 684, 685; 2/12, 314
- Дегидро-Л-аскорбат 3/615, 616
- Дегидроаскорбиновая кислота 1/744
- Дегидробензолы 1/369, 433; 2/314, 752, 753; 3/350, 574, 604
- Дегидробромирование 2/206, 913
- Дегидрохлорид 3/617, 618
- Дегидрогалогенирование 2/13, 14, 85, 94, 100, 121, 206, 246, 310, 311, 533, 630, 631, 741, 858, 913, 1139; 1/947, 993, 1085, 1146; 3/105, 202, 407, 739, 801, 831, 991, 1215, 1243, 1250; 4/804, 1106; 5/275, 570, 722, 784, 991
- Дегидрогалогенполимеризация 3/1243
- Дегидрогеназы 1/1046; 2/241, 968, 1140; 3/469–471, 668, 697; 4/1119
- Дегидрогенизация 1/1113; 2/12, 13, 685, 1174; 3/486; 4/526
- Дегидрогенолиз 5/537
- 2,3-Дегидро-Л-гулионовая кислота, γ-лактон 1/744
- Дегидроизомеризация 2/113, 684, 685; 3/101; 4/310, 526
- 22-Дегидрокампестерин 4/859
- Дегидроксилирование 2/934, 935
- 1-Дегидроксицерамид-1-фосфонаты 5/314
- Дегидролинолеол 2/1180; 5/773
- Дегидроеролитол 3/432
- Дегидро-2-пиперидины 4/768
- Дегидрополиконденсация 2/15; 4/59, 61
- 16-Дегидропрегненолонацетат 2/9
- 1-Дегидрофосфинганил-1-фосфонат 5/315
- Дегидрофторирование 1/1085; 4/804
- Дегидрохалкон 1/556, 557
- 5-Дегидрохлорид 3/615–618
- Дегидрохлорирование 1/1146; 2/13, 85, 94, 533; 3/202, 801, 991, 1038; 4/1106; 5/11, 12, 735
- Дегидрохоловая кислота 2/277
- 7-Дегидрохолестерин 1/746, 748, 750
- Дегидроциклизация 1/1113; 2/12, 678, 684; 3/45, 346; 4/193; 5/714
- Дегидроэпандростерон 1/300
- Деготь
- древесный 2/15; 1/339, 871
- каменноугольный, см. *Каменноугольная смола*
- Дегралация
- белков 1/475, 478, 479, 484, 697
- Грег–Хартли 5/801
- окислительная 2/794
- Эдмана 5/800, 801
- Дегтекурение 2/15
- Дегтярное мыло 2/15
- Делерон 3/1201
- Делазотирование 2/73
- Дезактивация
- нонообменных мембран 3/55
- молекул 2/135; 3/257–259
- радиохимическая 2/15, 16; 4/319, 337. См. также *Радиационная защита*
- центров деструкции полимеров 2/38
- Дезалкилирование 2/5, 6; 3/179. См. также *Деалкилирование*
- Дезамидоблеомитины 1/570, 571
- Дезаминирование 2/16, 83, 1084; 1/1073; 3/518, 1045
- азосочетание 1/91
- гетеролитическое 1/464; 2/17; 5/781
- гомолитическое 1/1157; 2/17, 315, 379; 3/10, 432
- диазотирование 2/17, 74, 75. См. также *Диазосоединения*, *Несмешанная реакция*
- окислительное 1/91, 1123; 2/696; 3/253, 254, 810–812; 4/654, 900
- пинакольное 3/1024. См. также *Тиффено реакция*
- по Баргу 1/463; 2/17
- по Гомбергу–Бахману–Хею 1/1157; 2/17
- по Гофману 1/1180; 2/17
- по Демьянову, см. *Демьянова перегруппировка*
- по Зандмейеру 2/17, 315
- по Кабачнику – Филдсу 2/549
- по Мервейну 2/17; 3/10
- по Шиману 2/17; 5/781
- ферментативное 2/16, 17, 1169; 3/295, 595, 598, 622; 4/642, 1119, 1170, 1171
- Дезаминиоокситоин 2/1321
- Дезацилирование 5/697
- Дезинсекция 2/594
- Дезинтеграторы 2/146, 339, 354–356; 3/146
- Дезитоксикационные кровезаменители 2/1078
- Дезинфицирующие средства 2/17, 18, 19, 583, 594, 1005; 3/84, 355, 834, 1076; 4/231, 657, 700, 900, 921, 924; 5/133, 223, 557, 558, 568, 587, 723, 777, 997. См. также *Антисептические средства*
- Дезодоранты 2/19; 1/264, 657; 3/653; 5/223
- Дезоксиадениловая кислота 4/1230
- 5'-Дезоксиаденилглицоламины 1/742; 2/945, 970; 4/519
- Дезоксиаденин 3/595; 4/510, 1231
- 5-(5'-Дезоксиаденин-5'-ил)-метинин, см. *Аденозилметинин*
- 2-Дезоксиальдозы, гликозиды 2/21
- 3-Дезоксиальдозовые кислоты 3/615, 616
- 3-Дезокси-L-арабиноат 3/615, 616
- 2-Дезокси-D-арабиногексоза 2/20
- 3-Дезокси-D-арабиногептаоат 3/615, 616
- Дезоксиаспергилловая кислота 1/397
- Дезокси-N-ацетилхолхинол 2/862
- Дезоксибензоин 1/510
- 6-Дезокси-L-галактоза 2/20, 21
- 3-Дезоксигалактоат-6-фосфат 3/615, 616
- Дезоксигенирование 2/809; 3/540, 554
- 2-Дезокси-D-глюкоза 2/20
- 3-Дезоксиглюкоат-6-фосфат 3/615, 616
- Дезоксигуанозин 3/597, 598; 4/510
- Дезоксикарбонатная кислота 3/723
- 3-Дезоксикетозы 2/1211
- Дезоксикортикостерон 2/958
- 2'-Дезоксикориформины 3/595
- 6-Дезоксиксантин 2/1084
- 6-Дезокси-L-манноза 2/20
- 3-Дезокси-D-манно-октулозоиновая кислота 2/1196, 1197
- Дезоксимиглобин 3/175, 176
- Дезоксиниваленол 3/153, 154
- Дезоксинуклеозиды 3/1242; 4/510; 5/451
- 3'-амидофосфит, эфир 3/591
- фосфаты 2/20; 3/1241; 4/519
- Дезоксинуклеопротенды 3/599
- 2'-Дезоксинуклеотиды 3/1242
- 3-Дезокси-2'-оксарбиногептаоат 3/617, 618
- Дезоксипеганин 5/521
- 2-Дезокси-D-рибоза 2/21; 3/173, 297, 470, 573, 574, 585, 597; 4/1001; 5/37
- Дезоксирибонуклеазы 2/20; 1/1097; 3/584, 847; 5/1034
- Дезоксирибонуклеиновые кислоты 3/585–587. См. также *ДНК*, *Нуклеиновые кислоты*
- Дезоксирибонуклеозидфосфаты 3/622; 4/496, 519
- Дезоксирибонуклеозиды 3/597–599
- Дезоксирибонуклеотиды 1/1153; 2/970; 3/600, 601; 4/495, 497. См. также *Дезоксирибонуклеозидфосфаты*
- Дезоксирибозимидинфотолитазы 4/492
- Дезоксисахара 2/20, 21; 3/267; 4/1193; 5/37, 197
- 2-Дезоксистерптамины 1/245–247
- Дезокситимидин 4/510
- Дезокситимидинофосфат 5/216
- Дезоксиредиминофосфат 5/216
- Дезоксиколовая кислота 2/278
- Дезокситидин 3/597, 598, 600; 4/510
- 2'-Дезокситидин-5'-трифосфат 3/600
- Дезоксизеролин 5/181
- Дезоксизефирин 5/1002
- Денолаза 4/1171, 1258
- Дейкина реакция 2/21; 4/569
- Дейкина–Уэста реакция 2/22
- Действующих масс, закон 2/22, 23, 688, 753–755, 901, 902; 1/1014, 1049; 3/413; 4/149, 187, 1070; 5/72, 465, 509, 856
- Действующих поверхностей, закон 2/688, 689
- Дейтерий 2/23
- атомное ядро, см. *Дейтрон(ы)*
- оксид, см. *Тяжелая вода*
- определение 5/335, 336
- получение 2/25, 392; 5/33
- применение 2/25, 26; 4/785; 5/802
- свойства 1/403, 775; 2/24, 25, 190, 191, 394, 503; 3/1092; 4/828; 5/3, 4, 543, 1019, 1020. См. также *Дейтерирование*, *Дейтеробмен*, *Дейтеросоединения*

- Дейтерирование 2/25, 26, 943; 4/1156; 5/635. См. также *Дейтеробмен*
- Дейтеробмен 1/579; 2/25, 26, 386, 651, 758; 3/125, 1019, 1034, 1043. См. также *Дейтерирование*
- Дейтеросоединения 1/579, 596, 1080, 1083; 2/23, 25, 26, 571, 610, 1126, 1127, 1203, 1205, 1252; 3/79, 575, 579, 652, 872, 1043; 4/145, 146; 5/2, 3
- Дейтрон(ы) 2/23, 503, 718, 780; 3/32; 4/826; 5/33, 1019, 1022
- Декабораны 1/588–590; 4/342
- Декабораты 1/580, 581
- Декаванадаты 1/670–672
- Декаваанидиевая кислота 1/670
- Декагидроацинафтен 1/418
- Декагидроизохинолин 2/397; 3/1022
- Декагидроафталин 1/142; 2/26, 27; 3/372
- Декагидро-β-нафтилацетат 2/26
- транс-Декагидроафтиридин 3/384
- Декагидрохинолин 5/526
- Декагидрохризен 5/607
- 1,9-Декалин 3/104
- Дека-дураболлин 4/511
- β-Декалилацетат 2/26
- 9-Декалгидропероксид 2/26
- Декалин(ы) 2/26, 27; 1/142; 3/372, 373; 4/1074, 1101
- Декальцинирование кож 2/1295
- Декаметилгунанидин 1/1210
- Декамин 4/229, 230
- Декан 2/27; 3/345
- Деканаль 2/27, 237; 5/1004
- 1,10-Декандикарбоновая кислота 2/215; 3/291, 1116; 5/725, 726
- Декадиновая кислота 4/606, 607
- Декадиолы 2/251; 4/606
- Декановая кислота 1/863, 864; 4/511
- 1-Деканол 2/27; 4/750
- Деканолены 2/1102
- Декантация 3/819, 822; 4/11; 5/1005
- Декапептиды 1/1120
- Дексперил 5/34
- 2-Декарбамоил-2-ацетилтетрациклин 4/1110
- Декарбамоилблеоминины 1/571
- Декарбоксилаза 4/654; 5/150
- Декарбоксилирование 2/28, 29, 371, 386, 411, 648, 696, 813, 863, 1096, 1169, 1191; 1/1123, 1124, 1222; 3/2, 9, 791, 981, 1054, 1059, 1208; 4/976; 5/429, 524, 527
- в обмене веществ 2/29; 3/614, 621
- в пентозофосфатном цикле 3/615, 616
- окислительное 2/645, 1193; 3/347; 4/523, 1119; 5/133
- по Кэрролу–Каймелу 2/1110
- по Хунсдиккеру 5/641, 642
- по Шилперу 5/710, 711
- при олигоконденсации 3/1256
- ферментативное 2/29, 81, 969, 1152, 1168, 1169; 4/523, 1119
- фотохимическое 3/347
- Дексарионизация 1/771, 772; 2/340; 3/1001
- Дексарионидмарганец 2/1289, 1290
- Дексарионирование 2/924; 4/1096; 5/429
- Декстеры 2/1151, 1152; 4/225, 226
- Декстроты гауссовы орбитали 3/783
- Декстрорбирил 3/916
- Декстробутан 5/548
- Декстротетрасилан 2/1031
- Дексан 4/229, 230
- Десикант 1/672
- Десикантные материалы
- бескислотно-слоистые композиты 2/29, 30; 1/1209; 3/35, 282
- покрытия 2/30; 3/695, 696, 806, 1011, 1224; 4/52, 92, 143, 144; 5/503, 760, 913
- Декортин 4/219
- Дексаметазон 2/30, 426, 959; 1/319; 4/219, 236
- 17-валерат 2/30
- динатрийфосфат 2/30
- Дексел 5/1001
- Дексил 2/648
- Дексон 3/1241
- Декстраморамид 1/296, 297
- Декстрасакхараза 2/31
- Декстраны 2/30, 31, 422, 427, 519, 1078, 1171; 1/323, 1002; 3/159, 719; 4/39, 582; 5/813, 817
- Декстрины 2/31, 700, 988, 989; 1/974, 1102, 1126; 3/833, 997; 4/381; 5/63, 208
- для клеев 2/31, 802
- для красок 2/799
- «остаточный» 1/232
- Шардингера 2/31; 3/749
- Делатиг 4/220, 238
- Делакурарин 5/23
- Делалурии 1/1047, 1048
- Деление ядер, см. *Ядерные реакции*
- Делепина реакция 2/31, 32; 1/272, 990; 4/759
- Делизид 2/1175, 1176
- Делители проб 4/180, 181
- Деллет 4/22
- Делрин 4/63, 64
- Дельнуиди 2/171, 172
- Дельта-древесина 1/370
- Дельтаметрии 3/1041
- Дельтовая кислота 3/723, 724
- Дельфинидин 1/347
- Дельфиний жир 1/347
- Делящиеся вещества 5/1018, 1019, 1030, 1031
- Демаскирование 2/1295
- Деметаллизация
- коррозионной 2/943, 944
- нефтинного сырья 2/32, 6, 1327; 1/1106–1108; 3/441, 462
- Диметиланилин 3/952
- Деметилирование 2/472; 4/99, 100; 5/529
- Деметон-метил 2/475
- Деметон-S-метилсульфон 2/471
- Деминерализация вод 1/847; 2/159
- Демистры 5/24, 25
- Демилцеллизация 3/182
- Демонда–Хальфердаля уравнение 4/182
- Демонмеризация 3/1202
- Демпферные вакуумметры 1/662
- Демьянова перегруппировка 2/33, 17; 1/142, 143, 270, 659; 3/939; 4/610, 1190; 5/714
- Денатурация
- белков 1/475, 1218, 1219; 2/559, 819, 857, 868, 914, 1178; 3/163, 600; 4/700; 5/153, 587
- двойной спирали ДНК 3/586
- этилового спирта 1/650; 3/1046; 5/997
- Дендриты 1/977; 2/1009, 1047
- Дендролозин 4/661
- Денлатоксин 5/1051
- Денсиметрия 2/44, 45; 3/1146, 1147; 5/33
- Депитатность 2/920, 1172
- Деокингенование 2/1148
- Депарафинизация 2/33, 34, 103, 168, 363, 1043; 3/128, 281, 347, 441, 443, 466, 558, 884; 4/194, 650, 1059
- Депиляторы 4/1128, 1149
- Деполимеризация 2/38, 1268; 3/420, 864; 5/223. См. также *Деструкция полимеров*
- Деполеризация
- в гальванических элементах 4/546
- люминесценции 2/1224
- термостимулируемая 4/1062
- Депо-сульфаниламиды 4/901
- Депреил 3/254
- Депрессия гидростатическая 1/848
- Депрессорные присадки 1/286, 865, 866; 2/103; 3/277, 278; 4/173, 175, 439, 1116; 5/208
- Депротонирование 1/1097; 2/381, 418, 1170, 1171; 4/314
- Депсиды-инофторы 2/522
- Депсипептиды 2/34, 35, 522–524; 1/552; 3/924, 927, 930
- Дериватография 2/35, 36; 4/424, 1058, 1061
- Дерма 2/835
- Дерматансульфат 3/286; 4/214
- Дерматин 4/572
- Дерморофии 3/766; 5/1041
- Дерокаи 3/746
- Дертит 4/225
- Дерягина–Власенко ультрамикроскоп 2/148; 5/63
- Дерягина–Ландау–Ферве–Овербека теория 2/155, 817; 4/345, 885
- Дёринга реакция 2/36, 37, 1103
- Дёрнера–Хоскинса уравнение 4/761; 5/102
- N,N'-Десалицилиденэтилендиамин 2/103
- Десенсибилизация фотографических материалов 2/37, 180; 4/626; 5/456
- Десиканты 2/37, 38, 54; 1/1032; 3/366, 994; 4/429
- Десиметризация 4/686
- Десметилдизепам 4/1224, 1225
- Десметрии 1/1033
- Десмолазы 1/300
- Десмопан 5/87
- Десонид 2/959
- Десорбция 1/9, 11–14; 2/210, 1300; 3/1143; 5/447, 448
- и абсорбция 1/4, 11–13
- и абсорбция 1/53–62
- и вакуумное напыление 3/334, 335
- и жидкостная экстракция 5/829, 833
- и ионизация 2/1311
- и катализ 1/1053; 2/664, 682, 683, 689–693
- и охлаждение 5/604
- и очистка адсорбционная 1/52
- – перколяционная 3/968, 969
- – сточных вод 3/861
- и поверхностная активность 3/1161
- и хроматография 5/625, 626
- и хромато-масс-спектрометрия 5/630
- лазерная 2/1121, 1311; 5/742
- массовый поток 1/7
- полевая 2/1311
- тепловая 5/625, 626
- электрохимическая 5/839
- Дестам 3/201
- Деструктивные процессы 2/310, 704; 3/441
- а полимерах, см. *Деструкция полимеров*
- гидрирование 1/1089, 1090
- гидрогенизация угля 1/1085, 1086–1089; 2/670; 4/701–705
- гидрогенизоль 1/1089, 1090; 4/538
- гидролеароматизация 1/1090
- гидроочистка 1/1090
- гидрокрекинг 1/1090
- гидрообессеривание 1/1106
- гидроочистка 1/1107
- кокование 2/841, 843; 4/100
- крекинг 1/727, 1090; 2/678, 1005; 4/1058
- метатезис 3/104
- пироллиз 4/1058, 1066
- древесины 3/1059, 1060
- нефтяного сырья 3/1061, 1062
- Деструкция полимеров 2/38, 39, 40, 704, 1268; 1/859; 4/661, 1084; 3/1010, 1194, 1266; 5/337, 358, 664. См. также *Деполимеризация*
- и модифицирование 3/202, 1264
- и пластикация 3/1114–1116
- и стабилизация 2/40; 4/814–817. См. также *Антирады*
- и старение 2/38; 4/821, 822. См. также *Антиоксиданты*
- ингибиторы 2/434, 1260. См. также *Противоотомители*
- механохимическая 2/39; 3/146, 147
- радиационная 2/39; 4/293
- реакции в твердых телах 4/414
- , метатезис 3/104
- , мономолекулярные 3/257
- , озоноллиз 2/40; 3/660, 661. См. также *Антиозонанты*
- термоокислительная, см. *Термоокислительные процессы*
- фотохимическая 2/38–40; 3/1010; 4/590, 822; 5/337, 358
- Десублимация 2/890, 892, 1045; 3/255, 420, 818; 4/263, 264, 889–893; 5/102, 605
- Десульфирование 2/41, 79; 4/917
- Десульфонирование 4/917, 976
- Десульфуризация 1/709; 2/277, 935, 1235, 1288; 4/42, 914, 1117, 1122, 1140, 1157
- Детального равновесия принцип 2/41, 42; 4/691, 832, 1068; 5/504
- Детальные сечения химической реакции 2/124
- Детандеры 5/594, 596, 599–604
- Детекторы
- амперометрические 5/150, 151
- дозиметрические 2/220, 221
- ионоселективные электроды 2/522
- кулонометрические 2/1098–1100
- масс-спектрометрические 1/909; 2/1309, 1314, 1315, 1317
- нейтронов 3/402
- несеребряные твердотельные 4/326
- нефелометрические 3/440
- оптико-акустические 3/769
- пиритные 2/266
- пирозлектрические 4/785
- полупроводниковые 1/978; 2/220; 4/329, 330, 335
- потенциометрические 5/150
- проточно-инжекционные 4/245, 246
- радиolumинесцентные 2/220
- радиометрические 4/118, 329–331, 335
- рентгеновские 4/473, 480
- рефрактометрические 4/514
- сцинтилляционные 1/978; 4/329, 330, 335, 339
- хроматографические 2/42, 43–46, 295, 298, 506, 507, 519, 609, 610, 1100; 1/909, 911, 917, 1067; 3/231; 4/424; 5/621, 624, 629, 817
- Детергенты 3/679; 4/173, 582, 698–701
- Детерминанты антигенные 1/323
- Детерминированные модели процессов 3/195–197
- Детоксиканты 2/282
- Детонационная стойкость топлива 2/46; 1/157, 326, 327; 3/725, 726; 4/526; 5/696, 994
- Детонация 2/46, 47, 466, 467; 1/499, 607, 705, 1164; 3/725, 726; 5/53, 54
- Детонирующие шнуры 2/47
- Детониты 2/127; 4/731
- Детритилирование 2/6; 5/693
- Дефект 2/348
- Дефекты(ы)
- в кристаллах 2/50, 51–53, 190, 200, 371, 755, 957, 1047, 1048, 1054, 1059, 1071, 1153; 1/907, 908, 1049, 1057, 1059; 3/66, 98, 144, 146, 164, 214, 434, 435, 499–501, 1086, 1087, 1173; 4/103, 104, 117, 118, 252, 477, 807, 994, 996, 997, 1215, 1224; 5/515, 861
- – как центры окраски 5/678

- в материалах, см. *Дефектоскопия*
массы 3/605; 5/1017, 1020, 1032
Дефектоскопия 2/47, 48–50, 244, 1208,
1227, 1228; 3/837; 4/602; 5/656,
667, 668
Дефлегмация 2/159, 162–164, 166, 895;
4/456–458
Дефлюклянты 5/203, 382
Дефолианты 2/53, 54, 591, 1246, 1274;
1/956; 3/353, 366, 369, 994; 4/429,
1105, 1163; 5/278, 560, 769, 983
Деформационные приборы
вакуумметры 1/662
манометры 2/1281–1284
термометры 4/1078
Деформация(и) 2/54, 55, 860; 1/1212,
1218, 1220; 4/994
без течения 1/873
высокоэластические 1/859, 861, 862
и дилатансы 2/111, 112; 4/885
и механическая релаксация 4/464
и напряжения, см. *Гука закон*
и огнестойкость конструкций 3/647
и отжиг 3/256, 257
и поверхностные явления 2/608;
3/1173
и поляризация диэлектриков 2/206,
207; 4/996
и прочность материалов 4/250, 251,
252; 3/144, 145
и пьезоэффект 4/284
и реология 4/483, 484–492
и твердость 4/998, 999
и ударные волны 5/52, 53
и частичное равновесие в системе
3/645
и химические реакции 2/478, 485;
3/146, 1122; 4/411–413
измерение, см. *Деформационные*
приборы
пластические 1/873; 2/54; 3/85, 98;
4/486
пластичных смазок 3/1122, 1123
полимеров 1/861, 862; 2/40; 3/1115;
4/242, 441, 487, 490
порошков 4/136, 137
сплавов, см. *Деформируемые сплавы*
студей 4/887–889
Деформируемые сплавы 1/214–216;
2/250, 1250; 3/497; 4/806; 5/618,
752
Дефорсирование 1/40; 3/198, 599
Дефторирование 1/993
Де Хааза – ван Альфена эффект 2/77
Дехлорирование 1/947; 2/10, 138;
3/432, 986. См. также *Дегалогениро-*
вание
N-Децил-L-гидроксипролин 2/1172
Децилгуанидин 1/1210
Дециловый альдегид 2/27
Дециловые спирты 1/838, 866; 2/27,
369
Дециловый альдегид 2/27; 5/1005
Дезумуляторы 2/818, 860, 861; 3/608,
610, 717, 718, 724; 4/173, 189, 929
Джалинит 2/443
Джампер-эффект 4/786
Джарлест 3/1
Джекоба углеводород 4/861, 862
Джексона–Майзенхаймера комплексы
2/132
Джелва 3/1223
Джемонит 4/942
Джеон 1/725; 3/1232
Джепурит 2/820
Джервисит 4/710
Джерои 5/961
«Джамморко–Ветрокок»-газоочистка
1/901
Джинорит 1/587
Джинсовые ткани 2/441; 3/1237
Джозефсона контакты 4/587
Джококунт 2/1293
Джонса–Уилсона реакция 5/1000
Джонсона модификация 4/536
Джоуля–Томпсона эффект 1/926;
5/594
Джутовое масло 4/573
Джутовые алокиа 1/800–802; 2/992
Дзета-потенциалы 5/59, 848–850
Диабаз(ы) 4/561, 673
волокно 2/327
мастики 2/1319
Диабетические реакции 5/351, 352
Диагез 2/596
Диагностика производства 3/323
Диаграмма(ы)
Аббе 3/375
Грассмана 5/807, 808, 810
контурные распределения частиц-
продуктов 3/239, 240
корреляционные 1/842, 843; 2/917;
3/235, 236, 781, 782; 4/692
молекулярно-орбитальная кластеров
2/794
октантные 5/543–545
психометрические 1/905, 906;
4/539, 955, 956
Румера 1/666, 667
состав–свойство 2/55, 56, 57, 1039;
3/188, 1111, 1112; 4/362, 806;
5/174–176. См. также *Физико-хи-*
мический анализ
состояния 2/56, 255, 256, 259, 299,
1039, 1060; 1/671, 678, 1003,
1190; 3/247; 4/1177, 1178; 5/298,
299, 465
– для мицеллообразования 3/182
– для «сверхкритической» экстрак-
ции 5/834
– для сублимации–десублимации
4/890
– для фракционной конденсации
2/894
– и законы Коновалова 2/899
– критические параметры 2/1072–
1074; 5/104
– микроульсий 3/162
– мономолекулярного слоя 3/261
– область гомогенности 3/434
– плавкости 2/58–63; 3/188, 1092;
4/345, 358, 389; 5/100, 175
– полимерных смесей 4/732
– равновесия жидкость – пар 1/65–
69, 837; 2/61; 5/175
– растворимости 2/61–64; 4/357,
358, 360, 370, 371, 745, 746; 5/100
– сингулярные точки 3/434
– систем гетерогенных 4/1040
– двухкомпонентных 2/57–63
– многокомпонентных 2/62–64,
188, 189
– однокомпонентных 1/923; 2/57
– «псевдотройных» 3/162
– сплавов 4/806
– тройные точки 5/15, 16, 104
Танабе–Сугано 2/1059
твердых растворов 4/1002–1004
фазовые 1/817, 818; 2/56, 249, 255;
5/97–102
Фейнмана 1/1200
эксергетические 5/807, 808
Диамагнитметилениминиксил 2/419
Диаленозинтетафосфорная кислота
1/41
Диазаалканы 1/85; 3/714; 4/1253
9, 10-Диазантрацен 5/115
1,5-Диазбицикло[4.3.0]ион-5-ен
3/831
1,4-Диазбицикло[2.2.2]октан 3/832
1,5-Диазбицикло[3.3.0]октан 1/1061
Диазбициклоундецен 4/1136
1,10-Диаза-4,7,13,16,21,24-гексаокса-
бицикло[8.8.8]гексаокзан 3/24
Диазбифосфетидины 2/764
Диазиданы 1/63
1,10-Диаза-18-краун-6-эфир 2/985,
986
Диазаметиноаые красители 3/131
Диазминолы 1/77, 79, 80; 2/71
Диазанафталины 5/375, 376, 757, 758
Диазаноркардиен 2/65
3,4-Диазипергруппировка Коупа
5/197
Диазрзолы 3/317
Диазистроловый синий 3/130
Диазациклопропен 2/68, 69
Диазений-катионы 3/508
Диазены 1/342; 3/508; 5/443
Диазем 1/328, 329, 504; 4/269, 1224,
1225; 5/1038
Диазепины 2/64, 65, 82; 3/299
Диазетидиноны 2/65, 66, 741
Диазетидины 2/65, 66
1,2-Диазетины 2/66, 67
Диазиды 1/71; 2/68, 83; 4/48, 49;
5/341
1,2-Диазин 3/1043, 1044
Диазиновые красители 2/460, 980;
3/536; 5/531. См. также *Азиновые*
красители
Диазионы 2/470; 3/405
Диазиридины 2/68
Диазиридины 2/67, 68, 69; 1/1075;
4/390
3*H*-Диазирин 2/68, 69
3*H*-Диазирин-3-алкилкарбонные кис-
лоты 2/69
3*H*-Диазирин-3,3-дикарбонная кис-
лота, эфиры 2/69
Диазоалканы 1/658, 1069, 1121; 2/73,
74, 418, 697; 3/293, 502, 533, 734,
735, 1034; 4/898, 918; 5/88, 260, 264,
267, 276, 280, 791, 1011
Диазоальдегиды 1/810
Диазоаминоантрахиноны 1/945
Диазоаминобензол 3/911; 4/134
Диазоаминосоединения 2/69, 70–72,
74; 1/74, 945; 3/911; 4/134. См.
также *Азогены*
Диазоаммоний-катионы 2/69, 70
Диазоацетаты 1/1157
N-Диазоацетилюреидин, метиловый
эфир 3/922; 4/468
o-Диазобензойные кислоты 1/348, 374
Диазобензолсульфокислоты 1/242;
3/893
Диазобумаги 2/1180; 3/705
Диазогидроксиды 1/1157; 2/72, 604
Диазография 4/501, 507–509
Диазогруппа 3/573. См. также *Диазо-*
соединения
Диазоимиды 1/72
Диазоиминосоединения 1/72
α-Диазокарбонные кислоты, эфиры
1/810
Диазокетоны 1/370, 371, 810, 811, 980;
2/741; 3/498; 4/1166; 5/557
ω-Диазокротоновая кислота, этиловый
эфир 1/656
Диазоксид 1/1119, 1120
6-Диазо-5-оксо-L-норлейцин 1/1150
Диазоли 1/77, 79; 3/523
Диазолы 1/710; 2/411, 412, 1125;
3/1033–1035
Диазомет 3/115, 405
Диазометан 2/71, 68, 74, 178, 438, 741;
1/251, 261, 505, 535, 656, 720, 943;
3/127, 498, 552, 706, 709, 722, 732,
1019, 1036, 1047; 4/273, 922, 933,
1099, 1203, 1252; 5/87, 725, 1008,
1011
Диазометод 3/82, 801; 4/553, 946. См.
также *Несмеянова реакция*
8-Диазо-1-нафтольная кислота 2/132
Диазионий
катионы 1/90; 2/69–75, 628
соли 1/154, 270, 954, 958, 1157;
2/16, 17, 70–74, 138, 171, 311, 315,
838, 1084, 1148; 3/28, 383, 516,
518, 709, 796, 1018, 1036; 4/62,
507, 916, 938, 946, 1135, 1159,
1201; 5/123, 139, 141, 142, 392.
См. также *Арилодизония соли*, *Ди-*
азоли, *Диазосоединения*
5-Диазо-4-оксо-L-норвалин 1/394
Диазосмолы 2/73
Диазосоединения 2/71, 69, 72, 150,
151, 623; 1/105; 4/310, 1133.
алифатические 1/370, 656; 2/73, 74,
695, 750; 3/9, 533; 4/899; 5/791.
См. также *Диазокетоны*, *Диазо-*
метан
ароматические 1/71, 90, 91, 366,
374, 463, 464, 959, 1157; 2/71–75,
81, 1086; 3/10, 380, 381, 502, 722,
723; 4/278, 279, 507, 1199; 5/738.
См. также *Арилодизония соли*
как отвердители 3/838
как ВВ 2/466, 467
как порофторы 4/133, 134
как радикальные инициаторы
3/1233
номенклатура 3/573
определение 2/1108; 3/797
получение, см. *Диазотирование*
соли, см. *Диазионий*
триазены, см. *Диазоаминосоедине-*
ния
Диазосульфаты 2/72
α-Диазосульфаты 1/810
Диазот, оксиды 1/94–96, 536, 608, 681,
706, 732; 2/12, 16, 17, 518, 528, 825,
1248; 3/505, 506, 531, 534, 535, 558
Диазотаты 2/72, 73
Диазотипия 2/73, 139; 4/507
Диазотирование 2/74, 72, 75, 132, 150,
151, 497, 976; 3/357, 381, 519, 522,
535, 561, 563, 565; 4/256, 1128, 1146,
1199; 5/781
Диазоуксусный эфир 2/75, 76; 1/504,
656; 3/372; 5/22
Диазоурацил 4/582
Диазофенолаты 2/72
α-Диазофосфинкислоты 1/810
1,2,3-Диазофосфаты 5/313
Диазоцианиды 2/72
Диазочерный С 2/150
Диазоэфиры 1/504, 656, 810; 2/75, 76,
1148; 3/372; 5/740
Диакarb 1/341; 2/181; 4/901
Диакон 4/22
Диакрил 1/118; 3/746
Диакриламид 4/70
Диаксильные конформации молекул
2/129
Диализ 2/859, 916, 1199, 1300; 3/42,
43, 45, 53, 55; 4/952
Диалканол амины 2/83
Диалкилалюмосоединения 1/211;
2/210; 3/515
Диалкиламиды 2/622; 5/711
Диалкиламиноалканола, сложные
эфиры 1/234, 235
1,4-Диалкиламиноантрахиноны 2/77–
79, 302
Диалкиламиноарены 1/709
Диалкиламинобензальдегиды 2/700;
3/131
N,N-Диалкиламинокротоновые кис-
лоты, эфиры 3/408
бис-(Диалкиламино)метаны 5/222
1-Диалкиламинометиллизитины 2/346
2-Диалкиламинометилпирролы 3/1079
трис-(Диалкиламинометил)фосфины
4/1102
α-Диалкиламинонитрилы 5/793
Диалкиламинопиридины 1/261
тетраис-(Диалкиламино)этилены
1/509
Диалкиламины 1/545; 2/437, 438, 786
2,6-Диалкиланилиды 1/1029
Диалкиланилины 1/154, 238, 271, 272,
306, 522; 2/1, 465; 4/340
Диалкиларидитиофосфорные кис-
лоты, Са-соли 2/174

- Диалкиларилтиофосфаты 3/1091
Диалкилацетаты 1/32, 420, 421; 4/170
Диалкилацетилены 2/887; 3/531
Диалкилацетоуксусные эфиры 1/440
Диалкилацетоксисоединения соли 3/720
1,3-Диалкилбензилдиазолий, соли 1/497, 498
Диалкилбензолы 3/277, 936
1,3-Диалкилбензотриазолий, соли 1/529
Диалкилбораны 1/176, 602
Диалкилгалогенфосфаты 1/962
Диалкилгидразины 1/88, 1072, 1074, 1075; 3/1034; 4/392
N,N'-Диалкилгидроксиламны 1/1095
3,3'-Диалкилдизириниды 2/67
3,3'-Диалкил-3H-дизириниды 2/69
1,4-Диалкилдиаминантрахиноны 2/77
1,2-Диалкил-1,2-дигидроксинафта-ны 1/419
Диалкилдигидроперимидины 3/952
Диалкилдимины 1/651
Диалкилдиметиламмонийхлориды 1/453; 4/699
Диалкилдисульфиды 1/599; 2/117, 213; 4/1139, 1150
Диалкилдитиокарбаматы 2/175-177; 4/589
Диалкилдитиофосфаты 2/93; 4/1163
Диалкилдитиофосфорные кислоты 1/340
Диалкилдихлорсиланы 5/60
Диалкиленамны 3/741
Диалкилиденантарные кислоты 5/792
Диалкилкарбонаты 1/1203; 4/200; 5/990
Диалкилкетоны 1/708
Диалкилкупраты 1/150
Диалкилнафталинсульфокислоты 3/375, 376
Диалкилнафталины 2/964; 3/372, 374
Диалкилнитроксилы 3/544
Диалкиловые эфиры 5/9
1,3-Диалкилперимидины 3/952
Диалкилпероксидкарбонаты 3/977
Диалкилпероксиды 1/779; 5/293
Диалкилпиридины 5/759, 1042
Диалкилртуть 1/210; 4/551
N,N'-Диалкилрубеановодородные кислоты 4/555
Диалкилсалициловые кислоты 4/175
Диалкилселениты 4/922
Диалкилсукцинаты 3/1017; 5/792, 793
Диалкилсульфаты 1/161, 497, 711; 3/692, 977; 4/905-908, 912, 919, 922, 1140, 1150; 5/115, 141, 219, 409, 526, 660, 700
Диалкилсульфиды 2/76, 96, 97, 119, 120, 171; 3/1091; 4/914
Диалкилсульфаты 4/922
Диалкилтетрасульфиды 4/42
Диалкилтиодипропнаты 2/97
Диалкилтиокарбамонийхлорид 2/176
Диалкилтиокарбаматы 2/1085; 5/207
Диалкилтиофосфаты 1/253; 4/1163
N,N'-Диалкил-п-фенилендиамны 2/437, 438
Диалкилфенолы 4/173
N,N'-Диалкилформамиды 2/1155
Диалкилфосфаты 1/164; 3/1077, 1164; 5/254, 255
Диалкилфосфиты 1/2, 253; 3/1026; 5/256, 262, 267, 268, 306
Диалкилфосфониды 1/165
Диалкилфосфонаты 5/275, 606
Диалкилфосфористые кислоты, моно-органамиды 4/1192
Диалкилфосфорные кислоты 2/294
Диалкилхлортиофосфаты 1/961
Диалкилхлорфосфаты 3/1077
Диалкилхлорфосфиты 1/1121
Диалкилэтаноламны 5/991
1,1-Диалкилэтилены 4/1137
Диалкоксамны 3/554
1,2-Диалкокс-3,3-дихлорциклопро-пены 3/724
N,N'-Диалкоксикарбонил- Δ^3 -дiazети-ны 2/66, 67
2,4-Диалкоксипиримидины 5/450
Диалконовые углеводороды 2/36
Диаллиладипинат 1/47
Диаллиламин 1/175; 5/204
Диаллилбораны 1/176
Диаллилдиметиламмонийхлорид 5/204
Диаллилдисульфид 1/179
N,N'-Диаллил-2,2-дихлорацетамид 1/329, 330
Диаллилсульфат 2/396
N,N'-Диаллилмочевина 1/179
Диаллиловый эфир 1/180; 3/1114; 5/1008
Диаллилсульфид 2/76; 1/185; 4/70
Диаллилсульфат 2/807
Диалдегиды 1/1141; 2/1, 82, 104, 105, 233, 924, 968, 1279; 3/870, 966, 1217; 4/529, 530, 538; 5/124, 976
Диаматизм Ландау 2/77
Диаматизм 2/76, 77, 334, 337, 443, 551, 641, 830, 1007, 1231, 1232, 1237, 1238, 1245; 1/536, 574, 678, 734, 935, 1191; 3/1, 5, 98, 167, 250, 305, 350, 411, 544, 656, 735, 756, 971; 4/101, 442, 548, 583, 591, 638, 911, 943, 973, 997, 1019, 1022; 5/162, 165, 643, 702, 747, 868
Диамант черный II 2/139
Диаметры) аппаратов 2/1307
критический заряда ВВ 2/47
Диамид(ы) 2/82, 83, 415, 416; 3/376; 4/866
бициклические 2/1036
дикарбоновых кислот 2/417
угловой кислоты, см. Карбамид, Мочевина
Диамидазол 3/376
1,2-Диамидозат 2/412
Диамидилан 1/232
Диамиднолеат 2/83
 α,δ -Диамидозосоединения 2/1253
3,6-Диамидоакридин, дигидрохлорид 1/338
1,2-Диамидоалканы 3/1033
1,2-Диамидоалкены 2/65
2,4-Диамидоаннон 3/694
Диамидоантарфурин 1/575; 2/79
1,4-Диамидоантрахинондисульфокис-лоты 2/78
Диамидоантрахиноны 2/77, 78, 79, 150; 1/238, 239, 259, 352, 353; 3/523, 524; 4/18, 74; 5/587
4,4'-Диамидобензанилид 1/489
3,3'-Диамидобензидин 3/1215; 4/615
Диамидобензолы 1/526; 2/83; 5/123, 124
Диамидобутаны 1/194; 2/65
 α,δ -Диамидовалерьяновая кислота 3/809-812
1,6-Диамидогексан 1/988
Диамидогексановые кислоты 2/365, 1176
4,4'-Диамидо-1,1'-диантрахиноннл красный 3/1016
4,4'-Диамидоднарилы 1/490
1,4-Диамидо-2,3-дигалогенантрахино-ны 1/354; 2/78
Диамидодигидроксиантрахинондисуль-фокислоты 1/354; 2/79
Диамидодигидроксиантрахиноны 1/352-354; 2/79, 80
Диамидодигидрокситриарилметановые красители 2/1082
Диамидодидеоксигексуриновые кис-лоты 1/264
Диамидодноксантахиноны 2/79, 80; 1/352-354
Диамидоноганаосиланы 3/805
1,3-Диамидно-1,3-дифенилдиметилди-суклоксан 3/807
4,4'-Диамидодифенилметан 2/80, 184; 1/306, 353; 3/1210, 1248, 1249; 5/964
4,4'-Диамидодифениловый эфир 2/80
3(4),4'-Диамидодифенилоксиды 2/80; 3/1210, 1245; 4/60
4,4'-Диамидодифенилсульфон 4/234, 934; 5/964
Диамидодифенилы 1/490, 491; 2/618
Диамидокарбоновые кислоты 1/250, 556
Диамидокислоты 3/927, 928
 α,α' -Диамидокислоты 2/1091, 1092
2,4-Диамидооксаяновая кислота 3/924
3,6-Диамидо-10-метилакридинийхлор-ид, гидрохлорид 1/338, 339
4,6-Диамидо-3-метилпинолин, иод-метилат 5/758
Диамидонафталины 1/654, 655; 2/115, 138; 3/952
Диамидооксиды 5/131
2,5-Диамидопентановая кислота 3/809-812
Диамидопимелат 4/1261
Диамидопимелатэпимераза 2/364
Диамидопимеллиновые кислоты 2/364, 1176; 3/928
Диамидопиридины 1/87, 261; 2/1253; 3/694; 5/778
Диамидопиримидины 1/710; 3/289; 4/231, 270, 274, 695, 901, 1248
4,4'-Диамидостильбен-2,2'-дисульфо-кислота 2/80, 81
2,5-Диамидо-3,4-тиадназол 2/1253
Диамидотолуолы 4/1198-1200
3,5-Диамидо-1,2,4-триазол 4/1254
Диамидотриарилметановые красители 1/367
4,5-Диамидоурацил 4/1248
2,3-Диамидоуриновые кислоты 5/93
2,3-Диамидофеназин 5/116, 124
1,3-Диамидо-5-фенилфеназонийхлорид 2/37
2,4-Диамидофенол 2/132; 3/563; 4/253
Диамидохинолинзалин 2/79
1,4-Диамидо-2,3-хлорантрахинон 2/77
2,4-Диамидонохлорбензол 2/133
2,6-Диамидонохлортолуол 5/583
Диамидохризалин 2/79
1,2-Диамидоциклогексантетрауксусная кислота 2/870; 5/160
4,6-Диамидоцинолин, подметилат 5/758
1,2-Диамидозат 2/82; 5/986, 987
Диамиды 2/81, 82-84, 100, 176, 215, 286, 411, 742, 978, 986, 1106, 1172, 1271; 1/46, 258, 265, 269, 270, 423, 491, 525, 526, 641, 847, 874, 943, 1142, 1180; 3/21, 159, 257, 619, 620, 694, 741, 744, 838, 1015, 1206-1210, 1218, 1246, 1247, 1255, 1258; 4/25, 30, 49, 53, 54, 71, 174, 607; 5/397, 530, 534, 783, 964, 986, 1013
«Диамиды» 2/83, 84
Диамидонийфосфат 1/284; 2/869, 937; 3/520
Диамидофос 2/84, 869, 870; 1/284; 3/172; 5/305
Диамидфентил 4/225, 226
Диамидфотоксин 5/1039, 1045, 1046
Диан 2/95, 96; 5/963
Дианабол 1/290, 291
Диангидриды карбоновых кислот 2/80; 3/951, 1067, 1068, 1245, 1246
Диангидрин 1/87, 491; 5/148
n,l'-Дианилин 1/490
Дианилино-1,4-бензохинон 1/532
2,5-Дианилино-3,6-дигидротетрафале-вая кислота, диэфир 1/113
2,5-Дианилинотетрафалеваая кислота 1/113
Диановые эпоксидные смолы 5/961-964
Диантипириметан(ы) 2/84; 1/336; 4/1036; 5/128
1,1'-Диантрахинон 1/944
Диантримиды 1/944
Дианазоны
динамические детекторы 2/42-45
определяемые концентраций 3/136, 137
отсчета показаний по шкале весов 1/686, 690, 691, 693
Диарилалкиламины 1/605
Диариламы 5/775
Диариламинильные радикалы 4/304
1,4-Диариламинантрахиноны 1/438
2,5-Диариламино-3,6-дигидротетрафале-вые кислоты, диэфиры 3/1017
Диариламы 5/59, 529
1,4-Диариламантрахиноны 2/79
Диариларсиновые кислоты 1/463
Диариларсиновые кислоты 1/463
Диарилацетилены 3/531; 5/372, 373
Диарилалогенонные соединения 1/958
1,1-Диарил-2-галогенэтилены 5/372, 373
Диарилгидразины 1/490, 1073, 1075
Диарилгидроксиламны 1/1095
Диарил-1,2-дигидроксинафтаген 1/419
Диарилдисульфиды 1/1069; 4/1150
O,S-Диарилдигидрокарбонаты 4/1152, 1153
Диарилкарбонаты 2/183
Диарилкетоны 1/76, 508; 5/238, 943
Диарилметановые красители 1/366; 2/606, 979; 3/129
Диарилметаны 1/366, 942; 5/222
Диарилнитроксилы 3/544, 545
Диариловые эфиры 5/59
2,5-Диарил-1,3,4-оксалиназолы 3/674, 675
2,5-Диарилоксазолы 2/1228; 5/197
Диарилоксалканы 1/423
Диариловогалогениды 3/761
Диарилпиримидилметанолы 5/418
Диарилпропнылы 2/1103
Диарилстибионовые кислоты 4/945, 946
Диарилсульфаты 4/905, 907
Диарилсульфиды 1/952; 2/171; 4/912, 914; 5/59
Диарилсульфоны 4/934, 1205; 5/59
Диарилтиокетоны 4/1133
Диарилтиокарбонаты 4/1152
Диарилтиомочевины 1/271
Диарилтиокарбонаты 4/1152
Диарилтриазены 2/550
Диарилфеназины 4/669
1,5-Диарилформазаны 5/219, 220
Диарилфосфиниды 1/253
Диарилфосфиты 5/267, 268
Диарилхалькогениды 4/1025
Диарилхинолины 4/66
Диарилы 1/1157, 1158; 4/1025; 5/58
1,1-Диарилэтилен 1/518, 519
Диарсны 3/309, 310
Диаспор 1/207, 211, 213
Диастереодифференцирующие реак-ции 4/855
Диастереомерия 2/366
Диастереомеры 2/367-369, 913, 914, 1103; 3/570, 797, 879; 4/389, 390, 392, 854-856; 5/538, 967
Диастереоселективность реакций 1/389-391; 4/854-856
Диастереотопия 4/855, 858, 1211-1213, 1215; 5/538
Диастереотопностереодифференциру-ющие реакции 4/855

- Диастереотопомеризация 4/1215, 1216
Диастереоспастернодифференцирующие реакции 4/855
Диатомиты 1/19, 563, 918; 2/1027, 1320; 3/324, 325, 838, 992; 4/491, 834, 1041, 1042; 5/186, 996
Диатризоат 4/477, 478
Диатропные системы 1/378
Диафен 1/248, 333, 334
Диафенилсульфон 4/934
Диафрагменный электролиз 3/863; 5/553, 554
Диафрагмовые устройства 2/1281; 3/237, 238, 342; 4/383–386; 5/553, 554
Диакромное концентрирование 4/398, 399
Дианафтилендион 1/419
Дианастелы 1/1142; 2/326; 3/1043
Дианастамид 1/425; 3/280; 5/434
4,4-Дианастамидо-3,3'-диаминодифенил-оксид 3/1218
3,5-Дианастамидо-2,4,6-тринодбензойная кислота 4/477, 478
Дианастаты 5/57
Дианетил 2/85, 105; 3/109, 1089
диоксим, см. *Диметилдиоксим*
2,2'-Дианетиламино-1,1'-диантрахинон 1/245
Дианетиларилены 4/62
Дианетилбензол 2/93; 5/381
Дианетилдигидрохлорин 2/1179
Дианетилеи(ы) 2/85, 550, 551; 1/313, 598; 4/70, 413, 999, 1026, 1218; 5/1000
1,3-Дианетилнидол 2/456
Дианетилкорин 2/1179
Дианетилметан 1/428
Дианетилмочевина 5/84
3,9-Дианетилпериллен 3/950
2,5-Дианетилпирирол 3/1078
N,N-Дианетилхитобиоза 2/1278
Дианетимид 4/1037
Дианетин 1/1145
Дианетокетоглоуоная кислота 5/903
Дианетоксидбензолы 1/532
1,1-Дианетоксидбутан 2/1298
2,5-Дианетоксид-2,5-дигидрофуран 3/1043
Дианетоксидскирпенон 3/153, 154
Дианетон-2-кето-L-гулоновая кислота 1/745
Дианетоновый спирт 1/436, 437; 3/26, 114, 687, 688; 4/1256
Дианетонсорбоза 5/903
Дианетотетраминны 2/821
Диациламиды 2/415
Диациламинны 1/1074
Диациланилины 1/238
1,2-Диацилбензолы 5/376
Диацилгидразид 2/117
Диацилгидразины 2/1270; 3/675, 933
Диацилглицериды 3/1089
Диацилглицеринны 1/1130, 1131; 2/187, 188, 696, 1184; 5/244–246, 272
1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-*sn*-1'-глицеринны 5/244
Диацилглицерофосфолниды 2/1189
1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфосеринны 5/244
1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфохоллны 5/245
1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфоганол-амины 5/245
Диацилдисульфиды 4/1135
Диацилдиметилгидразид 2/117
Диацилнитроксилы 4/795
Диацилпероксиды 1/779; 3/319, 975–978; 5/446
Диацилсульфиды 4/1135
Диацилсульсусные кислоты, эфиры 5/1059
Диацилфосфолниды 2/1177; 3/1096
Дибазол 2/85, 86, 412, 427; 1/497, 498; 4/774
Дибакцины 1/247
Дибазепины 1/70
o,o'-Дибензамидофенилдисульфид 3/1115
Дибензантрон 2/86
4,4'-Дибензантронил 2/86; 4/75
Диб(3-бензантронил)сульфид 4/75
Дибензил 1/494, 508; 2/182, 204; 5/939, 940
Дибензиламин 1/222
Дибензилдисульфид 1/488, 496; 4/171
Дибензилдиден 4/867, 868
Дибензилдиденацетон 3/875
2,2-Дибензил-1,3-нидандион 2/439
Дибензилнитрозамин 5/939, 940
Дибензилсульфиды 4/42, 43, 913
Дибензилтио) группа защитная 2/326
Дибензилхлорфосфат 1/42
Дибензилы 2/464
Дибензо[*a,h*]антрацен 5/943
Дибензо[*b,e*]-1,4-диоксин 2/138
Дибензоил 1/493, 494
1,1-Дибензоилацетон 2/87
o-Дибензоилбензол 1/531
Дибензоилбромметан 2/87
Дибензоилметан 2/86, 87
1,5(8)-Дибензоилнафталины 3/372; 4/75
4,5-Дибензоилпиридазин 3/1043
2,8-Дибензоилхризен 5/608
4,5-Дибензоил-1-циклогексен 3/870
Дибензоилэтилен 3/736
Дибензо-18-краун-6-эфир 2/985, 986
Дибензоксасепин 2/87, 538; 3/843, 844, 846
Дибензо-1,4-оксазин 5/131
Дибензохлором 1/374; 3/787; 5/635
Дибензоипиразин 5/115
Дибензоипираны 2/87, 88, 89, 1082
Дибензоипирекхион 2/978, 979; 4/74, 75
Дибензоипирилы соли 2/87–89
Дибензо-*γ*-пироны 2/87–89
Дибензоипирроколинны 2/398, 399
Дибензоипириды 2/617–619
Дибензотетратиафульвален 4/1107
Дибензо-1,4-тиазин 5/144–146
Диб(2-бензотиазолонил)дисульфид 1/306, 630, 636, 846; 2/377
Дибензотиопены 4/1122
Дибензотиофен(ы) 2/89, 90, 591; 3/463
Дибензо[*b,d*]тиофен 2/89, 90
Дибензотиофенные соли 2/89
Дибензотиофенкарбоновые кислоты 2/90
Дибензотропильный 5/20
Дибензофенантрон 3/333
Дибензофуран 2/90, 88, 91, 591, 593, 595
2,5-Диборадигидропиразины 1/598
Дибораи 1/538, 577–579, 582, 588–592, 604, 602, 833, 1080; 2/410, 986; 3/353, 354, 576, 580, 738; 4/342
2,5-Дибораиперпазины 1/598
Дибораты 1/580
2,7-Дибромакридин 1/112
N,N-Дибром-4-аминотетраин 3/1081
Дибромантрон 3/1016
1,3-Дибромбензол 3/881
3,9-Дибромбензантрон 1/489
5,6-Дибром-1,3-бензодиксол 1/504
2,5-Дибромбензолсульфокислота 5/121
Дибромбензолы 1/615, 616; 2/1046; 3/908; 4/1095; 5/124
Дибромбутаны 1/640; 2/173; 4/713, 854
4,6-Дибром-3-гидроксидбензальдегид 3/691
3,5-Дибром-2-гидроксидбензил 5/127
5,7-Дибром-8-гидроксидхинолины 2/1202; 3/714
1,3-Дибром-5,5-диметилгидантоин 2/17
мезо-1,2-Дибром-1,2-дифенилэтан 5/939
β,β'-Дибромдизетилловый эфир 2/134
Дибромиды 1/825
3,3-Дибром-1,2-нидандион 2/439
Дибромнидантрон 1/244
6,6'-Дибромнидигло 2/441, 1093
5,7-Дибром-2-нидол-2'-антраценнидигло 2/441, 442
Дибромнидид 1/745
Дибромнидметан 1/504
Дибромкоричная кислота 2/935
Дибром-*o*-крезолсульфогаллен 4/936
Диброммалоновая кислота 2/1274
Диброммалононитрил 2/1276
Дибромметан 1/504
4,4'-Дибромметил-1,2-дифенилэтан 5/744
5,8-Дибромнафталинкарбоновые кислоты 3/373
Дибромнафтиридины 3/384
1,2-Дибром-1-нитро-2-фенилэтан 5/130
1,8-Дибромоктан 4/606
1,4-Дибромолефины 5/713
3,9(10)-Дибромперилены 3/950
Дибромпиридинны 3/1045
Дибромпиригалолилсульфогаллен 1/617
2,3-Дибромпропанол 2/175
Дибромпропаны 1/140; 2/178; 4/854; 5/739
Дибромсульфаны 4/655
Дибромтетрафторэтан 1/704
Дибромтимолсульфогаллен 4/936
2,4-Дибром-1,3,5-триазин 4/1249
2,7-Дибром-4,5,6-тригидроксид-9-(2-сульфогаллен)-3Н-ксантен-3-он 1/617
3,5-Дибромфенетидины 5/118
Дибромфенолсульфогаллен 4/936
1,2-Дибром-3-хлорпропан 3/405
1,2-Дибромциклогексан 5/722
1,2-Дибромциклопентан 5/734
гем-Дибромциклопропаны 2/36
1,2-Дибромэтан 1/614, 1203; 2/134, 173; 3/405, 631; 5/416, 994
Дибромэтилбензолы 5/122
2,3-Дибромантарная кислота 1/432; 4/853, 856; 5/1058
Дибунол 2/91
Дибутилдианин 1/47
Дибутилазеланнат 1/65
Дибутиламины 1/641, 642, 648; 2/404
N,N-Дибутиламил 1/153, 154
1,4-Ди-*n*-бутиланилино-5,8-дигидроксидантрахинон 2/79
1,4-Ди-*n*-бутиланилино-5,8-дигидроксидантрахинон-2,6-дисульфокислота 2/79
Дибутилбензолы 3/936; 4/1139
3,5-Ди-*трет*-бутил-4-гидроксиданизол 3/1088
3,5-Ди-*трет*-бутил-4-гидроксидтолуол 2/305
бис-(2,6-Ди-*трет*-бутил-4-гидроксидфенил)метан 1/977
Ди-*трет*-бутиладизен 3/508
2,6-Ди-*трет*-бутил-4-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-оксо-2,5-циклогексиденилиден)метилфеноксил 1/977, 978
Ди-*трет*-бутилминоксил 2/419
Дибутилтакохонат 2/544
Дибутилкарбитол 2/627
Дибутилкарбонат 2/638
Дибутилксантогенат 4/171
Ди-*трет*-бутилметилиленминоксил 4/303
2,6-Ди-*трет*-бутил-4-метилфенол 2/91, 92, 103, 376, 1005; 1/163, 164, 286, 334, 336, 633; 3/277, 278, 580, 1088; 4/172, 400, 438, 815, 1088. См. также *Инол*
N,N'-Ди-*трет*-бутилмочевина 1/642
Дибутилнафталинсульфокислота 1/629
Ди-*трет*-бутилнитроксил 3/544
Дибутилловые эфиры 2/92; 5/1008
Дибутиллоксалат 5/795, 796
Дибутилолова соединения 3/81, 763, 916; 4/445
Ди-*трет*-бутилпероксид 1/1217; 3/680, 1244
Ди(трет-бутилпероксид)динпропилбензол 2/1013
2,5-Ди(трет-бутилпероксид)-2,5-диметилгексан 2/1013
2,6-Ди-*трет*-бутилпиридин 3/830, 831
Ди(трет-бутил)ртуть 4/552
Дибутилсебацат 2/92; 3/1117; 4/607
Дибутилсукцинат 4/494; 5/1058
Ди(трет-бутил)сульфат 4/906, 907
Дибутилсульфид 4/912
Дибутилсульфат 4/921
Дибутилсульфоксид 4/925
N,N'-Ди-*атор*-бутил-1,4-фенилендиамин 1/334
2,6-Ди-*трет*-бутилфенол 1/163, 783; 2/91; 4/695, 817
Дибутилфосфат 3/907; 4/1257; 5/254
Дибутилфталат 2/92, 140, 807, 812, 867, 934, 981, 996; 1/453, 650, 789; 3/1113, 1117; 5/377, 444
1,3-Ди-*трет*-бутилциклогексан 2/910
Ди-*трет*-бутилэтилены 3/330
2,7-Ди-*трет*-бутил-4-этоксидкарбонил-5-метилтиепин 4/1120, 1121
Дибутрилдиразин 2/1295
α-Дибутиролактон 1/652
Диванадий
оксиды 1/673–675, 678, 679, 1055; 2/26, 53, 236, 664, 801; 3/371, 372, 390, 665, 667, 699, 973, 1019, 1056, 1067; 4/193, 644, 657, 835, 869, 885, 886, 1152
пентасульфид 1/674
Дивинил 1/627–629, 651; 2/85; 3/10; 4/54. См. также *1,3-Бутадиен*
Дивинилацетилен(ы) 1/711, 714; 2/93, 366; 3/324; 5/961
Дивинилбензол(ы) 2/92, 93, 200, 210, 520, 701, 809, 1267; 1/64, 163, 289, 311, 630, 884, 1002; 3/54, 662, 1088, 1229; 4/613, 661, 870, 1000, 1218; 5/813, 817
Дивинилкетоны 3/324, 1030
Дивинилметановые красители 3/129
Дивинил-нитрильные каучуки 1/621–631. См. также *Бутадиен-нитрильные каучуки*
Дивиниловые каучуки 1/628, 630–635. См. также *Бутадиеновые каучуки*
Дивиниловые эфиры 1/644, 717, 718, 1134; 2/202
1,2-Дивинилоксираны 5/714
Дивинил-стирольные каучуки 1/635–637. См. также *Бутадиен-стирольные каучуки*
Дивинилсульфид 2/93, 94, 533; 4/915
Дивинилсульфен 2/94, 9; 4/935
Дивинилтеллурид 4/1025, 1026
1,3-Дивинилтетраметилдисулфоксан 3/806
1,2-Дивинилциклопропаны 5/714
Дивинилэпоксиолигомеры 5/963
Дивисмута соединения 1/734–736, 738
Дивольфамы соединения 1/583, 813, 816, 817
Дигалактозилглюкозилцерамид 1/1140
Дигалактозилдидиацилглицеринны 3/49
Дигалловая кислота 1/870; 4/978
o,o'-Дигалогеназосоединения 2/1253
Дигалогеналканы 1/959; 2/178, 986; 4/42, 43, 1126
Дигалогеналкены 1/956

- 1,3-Дигалогениаминноантрахиноны 4/74
N,N-Дигалогениаминны 3/540
Дигалогениангидриды, см. *Дикарбоновые кислоты*
Дигалогенантрахиноны 1/943, 944
9,10-Дигалогенантрацены 1/356
Дигалогенбензолы 1/374; 4/448
1,4-Дигалогенбутаны 3/1080
3-(2,2-Дигалогенвинил)-2,2-диметил-циклопропанкарбоновые кислоты 3/1041
Дигалогенидирины 1/1146
α,α-Дигалогенидиалкилсульфиды 4/913
Дигалоген-1,4-диоксаны 3/498
Дигалогендифенилсульфоны 2/95; 4/44
1,2-Дигалоген-1,2-дифенилэтаны 2/182
Дигалогениды 1/360, 423, 606; 2/10, 14, 32, 100, 747, 1275; 3/32, 738; 4/94, 177, 1134; 5/59
2,6-Дигалогенизоникотиновые кислоты 2/371
Дигалогенкарбены 2/36, 37; 3/24; 4/340, 341; 5/736
α,α-Дигалогенкарбоновые кислоты 1/1222
Дигалогенкетоны 5/95
2,7-Дигалогенксантоны 2/88
Дигалогенафтохиноны 3/389
2,6-Дигалоген-4-нитрозофенолы 3/542
Дигалогенипразолы 3/1034
1,1(2)-Дигалогенпропаны 3/108
α,β-Дигалогенипропонаты 3/105
Дигалогенстиролы 5/122
N,N-Дигалогенсульфамиды 4/898
α,α(α')-Дигалогенсульфоны 4/343
2,5-Дигалогентерефталевые кислоты 3/1017
Дигалогентерфенилы 4/1095
gem-Дигалогенуглеводороды 1/1084
Дигалогенуксусные эфиры 2/75
Дигалогенфенантрены 5/116
Дигалогенфосфины 1/964; 5/279
Дигалогенфосфораны 5/7, 241
2,3-Дигалогенхинолины 5/521
транс-1,2(4)-Дигалогенциклогексаны 2/912, 913
Дигалогенциклопропаны 2/36, 37; 5/740
1,2-Дигалогенэтаны 2/173
Дигалогенантарная кислота 2/1272
Дигексилфосфат 5/254
Дигенин 3/1
Дигермазины 1/1039
Дигерманевая кислота 1/1034
Дигерманы 1/1039
Дигермадициклогутан 1/1039
Дигермасканы 1/1039
Дигетерофосфаты 2/94, 95
Дигетерофосфоринаны 2/94, 95
Дигидразиды 3/1240
Дигидразинийсульфат 1/1071, 1072
1,4-Дигидразинофталаты 1/522
Дигидроабетиновая кислота 2/602; 4/741
9,10-Дигидроакридин 1/112
Дигидроантрапол 5/943
9,10-Дигидроантрахиноны 1/349, 350
9,10-Дигидроантрацен 1/355, 520
9,10-Дигидро-9-антрол-1-карбоновая кислота 1/350
Дигидробензантрон 1/489
4,5-Дигидробензо[б]лазепин 2/417
1,2-Дигидро-1,4-бензодиазепин-2(3H)-оны 1/503
1,2-Дигидро-3H-1,4-бензодиазепины 1/504
Дигидробензоны 1/493
1,2-Дигидробензол 5/721, 722
4,5-Дигидро-1,2-бензопирен 1/519
1,3-Дигидробензо[с]тифены 1/528
Дигидробензофураны 1/531; 3/408
7,8-Дигидробензоптерин 4/1095
Дигидробораны 4/342
β-Дигидрогептахлор 2/470
5,6-Дигидро-6-гидроксипиримидины 3/1052
1,6-Дигидро-6-(1-гидроксиэтил)пурин 4/274
Дигидро-1,4-дизаепиний-катионы 2/65
1H-2,3-Дигидро-1,2-дизаепины 2/65
1,4-Дигидродибензофуран 2/90
9,10-Дигидро-3,4-дигидрокси-9,10-диоксо-2-антраценсульфокислота, Натр. соль 1/139
6,15-Дигидродинафто[2,3-а; 2',3'-h]феназин-5,9,14,18-тетраон 2/439, 440
Дигидро-1,3-диокса-2,4-дизапины 3/540
Дигидродипиридил 2/142
Дигидродифосфаты 5/250
Дигидрожапон 2/251, 252
Дигидрозеитин 5/769
3,4-Дигидронзохинолины 1/567, 568
Дигидромидазолы 2/412, 413
1,2-Дигидро-2-иминопиримидины 2/123
2,3-Дигидроиден 2/438
Дигидроидол 2/457-459
2,3-Дигидроксантаотоксин 2/1087
1,3-Дигидрокснадамантан 1/34
4,4'-Дигидроксназобензол 3/1270
α,α'-Дигидроксназокрасители 2/774, 775
2,4-Дигидроксн-6-аминопиримидин 5/707
2,4-Дигидроксн-6-амино-сим-триазин 2/205
Дигидроксиантрахинонпразин 2/78
1,2-Дигидроксиантрахинон-3-сульфокислота 1/353
Дигидроксиантрахиноны 1/139, 259, 260, 353, 944; 2/78, 135, 136, 1094; 3/524, 689-691; 5/521, 522
Дигидроксиантрацены 1/349; 2/136; 5/521
3,4-Дигидроксиапорфин 1/359
3,6-Дигидроксиарабиногексановая кислота 4/904
цис-1,2-Дигидроксиаценафтен 1/419
Дигидроксиацетон 1/652, 1123, 1146; 3/264, 615, 616, 687, 688
Дигидроксиацетонфосфаты 1/165, 202; 2/364, 1190, 1211; 3/615, 616, 918, 919; 4/1268; 5/246
2,4-Дигидроксибензальдегид 5/114
16,17-Дигидроксибензантрон, метиловый эфир 2/86
Дигидроксибензильовые спирты 4/449
2-(3,4-Дигидроксибензил)бензойная кислота 2/136
Дигидроксибензойные кислоты 1/1115; 3/692, 693; 4/448
Дигидроксибензолсульфокислоты 4/972; 5/139
Дигидроксибензолы 1/1115, 1116; 2/136, 366; 3/694, 1055-1057; 4/448-450; 5/135, 139, 140. См. также *Гидрохинон*, *Пирокатехин*, *Резорцин*
4,4'-Дигидроксибензофенон 5/140
2,2'-Дигидроксибифенил 5/141
1,4-Дигидрокси-2-бутанон 1/651
16,17-Дигидроксиивнолантрон, метиловый эфир 2/86
2,2'-Дигидрокси-3,3',5,5',6,6'-гексахлордифенилметан 2/184
1,8-Дигидрокси-3-гидроксиэтилантахинон 2/136
Дигидроксиантрахинондисульфокислоты 1/354
D-(+)-3-(2,4-Дигидрокси-3,3-диметилбутирамино)пропионовая кислота 3/877
2,4-Дигидрокси-3,3-диметилмасляная кислота 3/877
2,5-Дигидрокси-2,5-диметил-1,4-циклогександион 2/85
1,8-Дигидрокси-4,5-динитроантрахинон 2/136
2,3-Дигидрокси-1,4-диоксан 2/233
Дигидроксиорганосиланы 3/807
β,β'-Дигидроксидипропониотрил 1/918
Дигидроксиидифенилметаны 1/452; 2/88, 460
Дигидроксиидифенилсульфон, К-соль 4/44
Дигидроксиидифенилы 2/90; 3/1213; 4/44
1,4-Дигидрокси-2,5-дифенил-п-хинон 4/1095
11β,21-Дигидрокси-6α,9α-дифтор-16α,17α-диметилендиоксипрегна-1,4-диен-3,20-дион 2/959
Дигидроксиидхлорантрахиноны 2/79, 136
2,2'-Дигидрокси-5,5'-дихлордифенилметан 2/184
4,4'-Дигидроксидинцинамилметан 2/972
2,2'-Дигидроксидэтиловый эфир 2/211, 212
β,β'-Дигидроксидэтилсульфоксид 4/1128
β,β'-Дигидроксиэтилсульфон 4/1128
2,3-Дигидроксиизовалерат 3/617, 618
2,6-Дигидроксиизоникотиновая кислота 2/371
3,4-Дигидроксиизопропиламиноацетифенон 2/346; 3/817
4,5-Дигидроксиимидазолион 1/1142
5,6-Дигидроксииндол 3/36
2,3-Дигидроксикетоны 3/1025
6,7-Дигидроксикумаранон 2/1087
D-трео-2,3-Дигидроксимасляная кислота 3/741
1,8-Дигидрокси-3-метил-9-антрон 2/972
2,3-Дигидрокси-3-метилвалерат 3/617, 618
3,5-Дигидрокси-3-метилпентаановая кислота 3/700
3,5-Дигидрокси-4-метоксибензойная кислота 1/940
1,7-Дигидрокси-3-метоксиксантон 2/974
Дигидрокси мочевины 5/83
3,4-Дигидроксиафталин-2,7-дисульфокислота 4/1118
Дигидроксиафталинсульфокислоты 2/139; 5/636
Дигидроксиафталины 1/654, 655; 2/138, 139; 3/387, 706; 5/141, 521
2,2'-Дигидрокси-1,1'-нафтализины 2/1228
2,2'-Ди(1-гидрокси)нафтил 3/950
Дигидроксиафтохиноны 3/390, 706, 707
эритро-9,10-Дигидроксиоктадеканол-1-ацетат 1/342
2,2'-Дигидрокси-4-октилдигидроксибензофенон 1/530
α,ω-Дигидроксиолигогидридоорганосилканы 3/806
α,ω-Дигидроксиорганосилканы 3/807
Дигидроксипиримидины 3/710
5,6-Дигидроксипиримидин 3/1052
3,4-Дигидроксипириновниградная кислота 2/400, 401
α,α'-Дигидрокси(поли)алкины 2/1103
1,3-Дигидрокси-2-пропанон 3/687
5-N-(2,3-Дигидроксипропил)ацетамидо-2,4,6-триинодифталевая кислота,

- бис-(2,3-дигидроксипропиламид) 4/478
Ди-[2(3-гидроксипропил)сульфиды 2/76
2,4-Дигидроксиптеридин 1/525
Дигидрокси соединения 1/943
ортозамещенные 1/267
сложные полиэфиры, см. *Поликарбонаты*
11,17-Дигидроксистероиды 4/219
6,6'-Дигидроксиунофлутирн-В 4/652
1,3-Дигидрокси-2,4,6-тринитробензол 4/1266
3,7-Дигидроксиотрон 5/17
2,6-Дигидроксиотрон-4-карбоновая кислота 5/21
1,6-Дигидроксифеназин-5,10-диоксид 2/975
4-(2,4-Дигидроксибензил)бензолсульфокислота 5/19
2-(2,4-Дигидроксибензил)пиримидин 3/1044
3,4-Дигидроксибензилаланины 1/392; 2/696, 1152; 3/36, 271, 272, 619, 620; 4/1170; 5/948
3-(3,4-Дигидроксибензил)-2-гидразино-2-метилпропионовая кислота 4/237
Дигидроксибензилзатин 2/347
1-(3,4-Дигидроксибензил)-2-изопропиламиноэтанол гидрохлорид 2/346
сульфат 3/817
1-(3,4-Дигидроксибензил)-2-метиламиноэтанол 1/48
2,2-Ди(4-гидроксибензил)пропан 2/95, 96; 1/164, 562; 3/1213, 1252-1254; 5/963
транс-3-(3,4-Дигидроксибензил)пропеновая кислота 5/202
2-(3,4-Дигидроксибензил)этиламины, гидрохлорид 2/222
Дигидроксиенолы 5/942
3,9-Дигидроксифлуорантены 5/212
2,3-Дигидроксииндоксалины 5/523
3,4-Дигидрокси-2-хлорацетифенон 2/346
Дигидроксиенольные кислоты 2/278
1(24),25-Дигидроксииндоксалины 1/746, 747; 3/884
3,12-Дигидрокси-5β-хол-8(14)-ен-24-овая кислота 2/278
20,22-Дигидроксихолестерин 1/1046
7,8-Дигидрокси-9,10-эпокси-7,8,9,10-тетрагидро-1,2-бензопирен 3/293
1(24),25-Дигидроксиэргокальциноферолы 1/746, 747
N,N-Ди(2-гидроксиэтил)амиды 5/974
Дигидроксиантарные кислоты 1/725-727
Дигидрокумарины 2/1100; 5/450
Дигидроликорины 2/1179
6,8-Дигидролипоевая кислота 2/1193
Дигидролипидгидрогеназа 4/1260
Дигидролипидсукцинилтрансфераза 4/1260
Дигидроманоилокислоты 2/1280
Дигидро-6-метил-1,2,3-оксатриазин-4-он-2,2-диоксид, К-соль 3/1090
Дигидромирцен 2/96; 3/869
Дигидромирценаль 3/178
Дигидромирценилацетат 2/96
Дигидромирценон 2/96; 1/1096
Дигидромилибензоен 3/92
Дигидронафталины 1/620; 3/350, 372
Дигидрооксазины 1/1095; 2/419; 3/540
Дигидрооксазолы 3/681-683
4,5-Дигидрооксеныны 5/714
Дигидрооротат 3/619, 620
L-Дигидрооротовая кислота 3/812, 813
Дигидроортоарсенаты 1/382
Дигидроортофосфаты 5/250
5,15-Дигидропероксизойкозаполиеновые кислоты 2/1158

- 2,3-Дигидропиразин 5/986
 2,3-Дигидропиран 3/1038, 1039; 4/1098
 Дигидропиранокумарины 5/66
 4,5-Дигидропирен 3/1039
 1,8-Дигидропиренкарбоновая кислота 3/1040
 Дигидропиридины 1/980; 2/963, 964; 3/1046; 4/773
 Дигидропиригаллол 3/1054
 Дигидропирилизин 3/1082
 5,6-Дигидропирироло[3,4-*a*]пиразин-7(5*H*)-он 4/1226
 Дигидропорфирин 5/574, 772
 Дигидропорозин 4/1267, 1268
 Дигидропиротенон 4/540
 Дигидросмоляные кислоты 2/602
 Дигидрострептомицисульфат 2/121
 Дигидросульфиды 2/174, 175
 Дигидросфингозин 4/968
транс-Дигидро- α -терпиненол 4/1091
 Дигидротестостерон 1/300
 Дигидротимин 3/619, 620
 Дигидротиопиран 4/1143
 Дигидротиофен-1,1-диоксиды 4/926, 927
 Дигидротиофены 4/927, 1157
 С-Дигидротоксиферин 2/458, 459
 1,2-Дигидро-1,2,5-триазин 4/1250
 Дигидротрифосфаты 5/248
 Дигидроурацил 1/139; 3/619, 620, 1051
 5,6-Дигидроуридин 3/174; 4/1239
 5,10-Дигидрофеназин 5/115
 Дигидрофенантрены 2/758; 5/117, 649, 650
 2,4-Дигидрофенилгидразоны 4/396
 Дигидрофлаван 5/201
 Дигидрофолат 3/470
 Дигидрофолатредуктаза 4/524, 1095, 1096
 Дигидрофольевая кислота 4/231, 901
 Дигидрофуран 1/264; 2/973
 Дигидрохалконы 5/201-203
 Дигидрохиназолины 5/519, 520
 Дигидрохинакридон 1/113
 5,12-Дигидрохиноинол[2,3-*b*]акридин-7,12-дион 1/113
 Дигидрохлорантин 3/663
 7-Дигидрохолестерин 1/746, 748
 Дигидроцетион 3/291
 5,6-Дигидроциклопентадиены 5/714
 Дигидроэрготоксин 5/968
 Дигитоксин 1/1130; 5/1053
 Дигитонин 4/381, 578, 860; 5/589, 1053
 Дигликозилдиглицериды 1/1131
 Дигликолевый альдегид 3/916
 Дигликолин 1/1134; 2/211, 212; 4/201; 5/222
 Дигликолиды 2/1140, 1141
 Дигликольамин 1/932
 Диглим 1/589-591, 598, 633, 635, 1140; 2/376, 807
 Диглицины 1/1085, 1144, 1145; 2/303, 304, 306, 1188, 1190, 1191
 Диглицерол 1/918
 Диглиоксин 1/1130
 Дигломо- γ -линоленовая кислота 3/396; 4/211
 11-*цис*-3,4-Дигидридретиналь 4/537
 2,6-Дидеоксинальдогексозы 3/740
 3,6-Дидеоксинальдогексозы 2/21
 2',3'-Дидеоксинуклеозидтрифосфат 3/589
 Дидейтерилсульфоксид 2/25
 Дидеилсульфид 2/96
 Дидецилфосфат 2/521
 2,2'-Ди(дидецилоксикарбонил)дидецилсульфид 2/96, 97
 Дидим 3/410; 4/436
 Дидодецилсульфид 2/96
 Дидодецилтиодипропионат 2/96, 97
 Дидодецилфталат 3/913, 1117
 Диенамины 1/423
 Диенвинилароматические термоэластопласты 4/1087-1089
 Диеновые каучуки 2/99, 100, 284-286; 3/660
 Диеновые комплексы переходных металлов 2/97, 98, 100, 274, 275; 1/823; 3/82, 84, 251, 826, 875, 1131; 4/468, 566
 Диеновые углеводороды 2/98; 3/406
 алифатические 2/98, 99
 алициклические 2/98-102
 алленовые, см. *Аллен*
 изомерия 2/99, 369, 908; 3/773
 координированные 1/185. См. также *Диеновые комплексы переходных металлов*
 напряженные, см. *Норборнадиен*
 несопряженные 2/36; 4/70
 получение 1/177, 1134; 2/14, 115, 121, 246; 3/346, 786; 4/170; 5/96, 439, 443
 свойства 1/80, 176, 601, 720, 964, 992, 1040; 2/97, 98, 120, 130, 246, 274, 275, 375, 418, 640, 674, 863, 920, 921, 1205; 3/444, 477, 478, 549, 581, 760, 874, 876, 1031; 4/158, 694, 926, 927, 934, 1027, 1108, 1158; 5/9, 293, 332, 443, 570, 722, 732, 733
 со связями изолированными 2/98. См. также *Олефины*
 - кумулированными 2/98. См. также *Аллен*
 сополимеры 2/520, 701, 1267; 3/257, 734; 4/766
 сопряженные 2/36, 97-102, 1204, 1273; 3/10, 1031; 4/499, 767, 1167; 5/310
 - конденсация, см. *Диеновый синтез*, *Диенофилы*
 циклические 3/579; 4/856
 Диеновый синтез 2/100, 99, 130, 247, 359, 360, 404, 469, 638, 639, 889, 1272; 1/143, 186, 628, 843, 1216, 1217; 3/110, 115, 389, 525, 540, 556, 579, 678, 679, 706, 739, 787, 1031, 1043, 1074; 4/740, 1133, 1153, 1157, 1158, 1160, 1248, 1250; 5/21, 532, 534, 722, 726-728, 730, 737, 977. См. также *Диеновые углеводороды*, *Диенофилы*, *Дильса-Альдера реакция*
 аддукты 1/38
 гомото-превращения 2/102
 «домионо» 2/101
 нитрамолекулярный 4/1226
 компьютерный 2/886
 «консервность», см. *Перициклические реакции*
 механизмов смешанной 3/147
 орбитали 1/1186; 3/964
 поверхностная потенциальная энергии 3/1178
 правила Альдера 1/199
 - Вудворда-Хоффмана 2/101
 стереоспецифичность 2/129
цис-Диеноны 3/1037
 Диенофилы 1/375, 532, 742, 995; 2/99-102, 120, 360, 1272; 3/115, 514, 556, 579; 4/856, 1133, 1158, 1248, 1250; 5/428, 534, 705, 722, 734, 977
 Дienes, см. *Диеновые углеводороды*
 Диезела трюксид, см. *Железа сесквиоксид*
 Дизаналит 3/969, 970
 Дизельные масла 2/595; 3/277
 Дизельные топлива 2/102, 27, 33, 34, 103, 131, 166-170, 594, 679, 1005, 1102; 1/728, 920, 1089, 1108; 3/117, 278, 442, 446-448, 462, 507, 547, 978; 4/174, 175, 461, 526; 5/696, 951
 воспламеняемость, см. *Цетановое число*
 индекс 1/307
 синтетические 2/677
 смесь с нитратом аммония 1/608
 Дизопирамид 1/319, 320
 Дизоамиловый эфир 5/693
 Дизообутилалюмогалогениды 1/210; 4/1258
 Дизообутилалюмогидрид 1/210; 4/926, 933, 1257, 1258; 5/774
 Дизообутиламин 1/641, 642
 (-)-3,6-Дизообутил-1,4-диоксан-2,5-дион 2/1141
 Дизообутилены 3/104, 1244
 Дизообутилкарбонат 2/638
 Дизообутилртуть 4/1258
 Дизообутилсебацнат 4/607
 Дизообутилсульфид 4/912
 Дизообутилфталат 1/650
 Дизодецилфталат 3/1117
 Дизооктилдиаминат 3/1117
 Дизооктилзельаннат 1/65
 Дизооктилдитиофосфат 4/172
 Дизооктилдиозфталат 2/396
 Дизооктилфталат 3/728
 Дизоопнокамфеилборан 1/601
 Дизопропанол 1/932
 Дизопропаноламин 1/901, 932; 2/378, 379
 Дизопропилен 2/99
 Дизопропиладипинат 1/47
 Дизопропиламин 3/26; 4/197, 198
 1,4-Дизопропиламиноантрахинон 2/302
 N,N-Дизопропилбензамид 1/488
 Дизопропилбензол 1/1115; 2/396, 465, 520; 4/448
 (-)-3,6-Дизопропил-1,4-диоксан-2,5-дион 2/1141
 1,2,5,6-Ди-О-низопропилен-D-маннит 1/1147
 2,3,4,6-Ди-О-низопропилен-L-сорбоза 1/745
 Дизопропилксантогендисульфид 1/629
 Дизопропиловый эфир 2/103, 297; 5/1008
 Дизопропилсульфид 4/912
 Дизопропилсульфит 4/921
 Дизопропилфосфат 2/103
 Дизопропилфторфосфат 2/103, 104, 695; 1/435, 1098; 3/846; 4/194, 893, 1075; 5/273, 518
 Дизопропилэтиламин 4/197
 Дизохинолиновые алкалоиды 1/533
 1,6-Дизоцианатогексан 1/989
 4,4'-Дизоцианатодифенилметан 2/184
 Дизоцианатотолуолы 4/1199, 1200
 Дизоцианаты 1/151-153, 847; 2/82, 118, 286, 372, 401, 402, 404, 707, 708, 808, 867, 868, 1150, 1214; 3/21, 159, 744, 909, 1224, 1246, 1259; 4/25, 29, 30, 49, 51, 54-56, 70, 1088, 1199; 5/72, 73, 84-86, 88, 124, 238
 Динизоэнол 2/408
 Динимлотрифосфаты 5/253
 Динимиды 3/950, 951, 1016, 1017
 1,3-Диниминозониол 5/385
 1,3-Диниминозониоллин 1/87
 Динимны 1/1068; 3/739, 953; 4/634
 «Динидиол» 2/85
 Динидиолы 2/456
 Динины 5/293
 Диниобензол 2/497
 n,n'-Динидиофенилсульфон 2/497
 Диниодметан 2/421; 3/113, 1057. См. также *Метиленидиод*
 3,5-Диниод-4-оксо-1,4-дигидропиридиноуксусная кислота 4/478, 479
 Диниодпентаксид 2/495
 Диниодперфтордифенил 2/90
 Диниодстеараты 4/478
 Диниодтирозин 1/340; 4/1170, 1171
 Диканин 3/68
 Дикалий, монооксид 1/820
 Дикальций, дибораты 2/582, 583
 «Дикальцийфосфат» 2/937
 Дикамба 1/1028, 1029
 Дикамтот 2/175
 Дикарбазолилы 2/618
 6,8-Дикарба-арано-нонаборан 2/650
 Дикарба-клязо-додекабораны 2/650-652
 1,5-Дикарба-клязо-пентаборан 2/650
 3,3'-Дикарбокси-4,4'-динитродифенилдиисульфид 5/941
 Дикарбонилжелезо 2/276
 Дикарбонилкбальтоцен 3/79
 Дикарбонилметил(η-циклопентадиенил)железо 3/81
 бис-[Дикарбонил(η-циклопентадиенил)рутений] 4/566
 Дикарбонильные соединения 2/104, 65, 105-107, 360, 361, 636, 784, 785, 815, 816; 1/656, 784, 980, 981, 1147
 3/580, 665, 688, 870, 1034; 4/67-70, 270, 500, 530, 991, 992, 1144, 1145, 1158; 5/123, 713, 794
 альдегидо- и кетокислоты 1/194, 195, 196
 альдегиды, см. *Глюкоаль*, *Диальдегиды*
 арил(гетерил)замещенные 4/1148, 1253
 гидразоны 3/655, 656; 4/1253; 5/1059, 1060
 енолаты, см. *β-Дикетонаты металлов*
 кетоальдегиды 2/741, 742, 743
 кетоны, см. *Дикетоны*
 конформеры 2/908
 таутомерия 2/165, 247, 248
 этилацетоацетат, см. *Ацетоуксусный эфир*
 Дикарбонные кислоты 2/107, 82, 108, 379, 640, 643, 1169; 1/270, 1142-1144; 3/658, 744, 1059, 1207, 1208, 1212, 1247, 1252; 4/54, 200, 1258, 1259, 1261; 5/84, 85, 348, 398, 713, 723, 724, 967, 975, 1058
 азиды 2/1106; 4/25
 алифатические 2/92; 3/945, 946, 1116, 1117, 1219; 4/48, 90
 амиды 2/415, 417
 ангидриды 1/476; 2/867; 3/838, 953, 1240; 4/95, 272, 969
 - алогензамещенные 1/943; 2/95, 986, 1036; 3/1201, 1209, 1210, 1212, 1213, 1217-1219, 1240, 1255; 4/25, 95, 358; 5/369
 ароматические 1/513, 827; 2/95, 116; 3/945, 946, 953; 4/48, 90; 5/535
 гббереллины 1/1063, 1064
 ди- и полигидразиды 3/1240; 4/25, 26, 48
 нмиды 1/951, 952; 3/953, 954; 5/380
 как моносахариды 3/257
 метаболизм 3/617-621
 нитрилы 2/417
 соли 2/28, 29; 3/966, 1163
 эфирамины 2/417
 эфиры 1/444, 606, 620, 644; 2/92, 785, 806, 863; 3/277, 291, 688, 728, 1117, 1209, 1210, 1212, 1240; 4/90, 95, 391, 669; 5/1012
 Дикват 2/142
 дибромид 1/1032; 2/37, 38
 Дикетен 2/108, 78, 109, 740, 741, 1110; 1/335; 3/69
 Дикетимид 3/376
 2,3-Дикетоглоуновое кислота 1/744
 Дикетодикарбоновые кислоты 4/873
 Дикетодиафены 2/785
 Дикетонимидазолидины 2/412
 Дикетодикарбоновые кислоты 3/870
 β-Дикетонаты металлов 2/109, 105, 110, 872; 3/818; 4/68; 5/8, 164, 441, 966

- Дикетонитрилы 3/870
 Дикетоны 1/444, 450, 493–495, 510, 951, 957, 971, 980, 987, 1074; 2/78, 82, 85, 104–107, 179, 233, 411, 545, 547, 745, 747, 785, 813, 815, 924, 969, 1271; 3/180, 870, 891, 1024–1026, 1033, 1038, 1049, 1255; 4/68, 313, 390, 530, 873, 991, 1197, 1220, 1250; 5/57, 369, 427, 607, 792, 825, 986, 1059
 1,3-бутандион, см. *Диацетил*
 соединения с металлами, см. *β-Дикетонаты металлов*
 фторированные, см. *Полифтор-β-дикетоны*
 циклические 4/529. См. также *Индандионы*, *Хиноны*
 L-кетопиразины 1/252, 391; 3/924, 930; 5/197, 894
 Диксислорид 3/576
 соединения, см. *Пероксидные соединения неорганические*
 Дикитил 1/1141
 Диклосациллин 2/1134
 Диклофенак натрия 2/110
 Дикмана реакция 2/110, 111, 785, 889; 1/143; 5/1010
 Дикобальтоктакарбонил 1/864
 Дикотекс 5/585
 Дикофол 1/107
 Дикремниевые кислоты 2/1006
 Дикротофос 2/472
 Диксангилен 2/88
 Диксантоген 2/213
 1,3-Ди-(2,4-ксилиламино)-2-метил-2-азатпропан 1/107
 Диктамин 5/527
 Дякумарин 2/111, 1100; 1/330; 4/249
 Дякумарол 2/111
 Дякумилпероксид 2/1102
 n-Дякумилхлорид 3/1227
 Дякуран 1/1030
 Дялактид 2/1149
 Дялалаки 2/998
 Дялана 4/90
 Дялатансия 2/111, 112; 4/487, 885
 Дялатометрия 2/35, 36; 4/1058, 1078
 Дялауритнодипропаноат 4/815
 2,6-Дялтигилсульфонилбензола 1/374
 1,4-Дялтигилтетрафенил-1,3-бутандиен 2/182
 Дялитуровая кислота 1/455
 Дялор 1/949; 2/470
 Дялтиазем 4/773
 Дялтирин 1/337, 998; 2/470; 5/733
 Дяльса углеводород 4/861, 862
 Дяльса-Альдера реакция 1/157, 375, 532, 640, 742, 995, 997; 2/65, 90, 97, 100–102, 182, 205, 1273; 3/58, 514; 4/61, 418, 419, 426, 512, 856; 5/413, 738, 759. См. также *Дяеновый синтез*
 Дямарганца гептаоксид 2/1291
 Дямебон 1/721; 3/110, 111
 Дямедон 2/112; 3/26
 Дямерол 2/112, 113, 123; 1/324
 1,4-Дямезидиноантрахинондисульфокислота, гексаметиленаминиевая соль 4/18
 1,3-Дя(мезилокси)алканы 2/139
 1,4-Дямезитиламиноантрахинон 1/352
 Дяметоксин 2/1215; 3/1018
 Дямеризация 2/113, 85, 99, 134, 179, 205, 206, 246, 313, 403, 413, 525, 623, 643, 644, 741, 935, 1252; 1/371, 375, 523; 3/18–20, 70, 78, 84, 102, 104, 105, 110, 123, 508, 514, 539, 544, 549, 552, 687, 738, 741, 876, 986; 4/450, 740, 869, 908, 1103, 1222; 5/332, 450, 570, 713, 722, 734, 737, 811
 в звуковых полях 5/60
 кластерная 2/796
 обесцвечивающие эффекты 1/1216, 1217
 окислительная 2/106, 400; 3/1250
 по Торпу–Циглеру 5/711
 твердофазная 4/412, 413
 фотохимическая 1/375; 2/52; 4/1217, 1218; 5/332, 355, 360, 738, 811
 электрохимическая 5/903
 Дямеркаптаны 2/174, 175
 Дямеркаптоалканола 2/174, 175
 Дямеркаптоалкансульфонаты 2/174, 175
 Дямеркаптоалканы 2/174, 175
 1,2-Дямеркаптоарены 4/1154
 1,4-Дямеркаптобутан 2/173
 Дямеркаптокарбоновые кислоты 2/174, 175
 Дямеркаптомаленинодинитрил 5/706
 1,3-Дямеркаптопропан 2/173
 2,3-Дямеркаптопропанол 1/328; 2/175, 1216
 2,3-Дямеркаптопропеновая кислота 4/207
 2,6-Дямеркаптопурин 4/274
 1,2-Дямеркаптоэтан 2/173, 175
 2,3-Дямеркаптоянтарная кислота 2/175
 Дяметакрилат 4/969
 Дяметаноламин 1/194
 Дяметиладицинат 1/47
 Дяметилазеланнат 1/65
 N,N-Дяметилалканоламны 1/265
 N,N-Дяметилалкиламны 3/106
 3,3-Дяметилаллил-1-дифосфат 3/617, 618
 Дяметилаллилпиррофосфат 4/865, 1092
 1,3-Дяметилаллоксазины 1/525
 Дяметилалюмогидрид 1/538
 Дяметилалюмохлорид 1/210
 Дяметиламиды 2/121; 3/106
 Дяметиламны(ы) 2/115–117, 121, 123, 275, 549; 3/106, 107, 124, 125, 438, 503, 709, 982, 1036, 1195; 4/100, 342, 972; 5/125, 222, 305
 n-Дяметиламиноазофениларсоновая кислота 5/762
 β-Дяметиламиноахроленны 1/710
 Дяметиламиноалканола 1/235
 Дяметиламиноацетон 1/237
 4(n)-Дяметиламинобензальдегид 2/113, 103, 114; 1/238, 264, 1071; 3/281, 711, 1079; 4/397, 713; 5/1, 968, 970
 4-Дяметиламинобензальдегиданил 2/114
 4,4'-бис-(Дяметиламино)бензгидрол 3/181
 4-Дяметиламинобензиловый спирт 2/113
 4-Дяметиламинобензойная кислота 2/113
 4,4'-бис-(Дяметиламино)бензофенон 3/181
 (Дяметиламино)боран 4/627
 1,4-бис-(Дяметиламино)-2,3-бутандиол 1/389
 1,6-бис-(Дяметиламино)гексан 1/503
 Дяметиламиногруппа 3/569
 3-Дяметиламино-3-дезоксин-D-глюкоза 1/264
 Дяметиламинодигидроксидантрахиноны 2/79
 3-Дяметиламино-3,4-дидезоксин-D-глюкоза 1/264
 4,4'-бис-(Дяметиламино)дифенилкетон 1/367
 2-Дяметиламино-6-диэтилениминофосфамидо-7-метилпурин 5/218
 α-Дяметиламинномозамный альдегид 1/237
 Дяметиламиноокислоты 1/251, 252
 n-Дяметиламиннокоричный альдегид 1/556
 2,N,N-Дяметиламинометанол 5/385
 2-[3-(Дяметиламинометиленамино)-2,4,6-тринодифенил]пропионовая кислота, Na-соль 4/478, 479
 2-Дяметиламино-2-метил-1-пропаиол 2/114
 2-Дяметиламино-7-метилпуринил-6-амидофосфорная кислота 5/218
 6-Дяметиламино-1-метил-3-циклогексил-1,3,5-триазин-2,4-дион 4/1249
 1,8-бис-(Дяметиламино)нафталин 2/114, 82, 115
 1-Дяметиламинонафталин-5-сульфохлорид 1/476; 5/801
 1-Дяметиламино-4-нитробеизол 3/535, 536
 4-Дяметиламинопиридин 3/830, 831
 3-Дяметиламинопропанол 2/417
 3-(Дяметиламино)пропилхлорид 2/417
 Дяметиламинопропилэтилкарбодимид 2/630; 3/932
 4,4'-бис-(Дяметиламино)-транс-стильбен 2/113
 бис-(4-Дяметиламинофенил)метан 3/181
 трис-(n-Дяметиламинофенил)метилкатионы 2/941
 1,1'-бис-(4-Дяметиламинофенил)этилен 3/181
 3-Дяметиламинофенол 2/88
 трис-(Дяметиламино)фосфиноксид 5/304, 305
 Дяметиламиноэтанол 1/441; 2/112, 123
 2-Дяметиламиноэтанттиол 4/1164
 Дяметиламиноэтилметакрилат 1/234, 235
 Дяметиламмонийформат 2/121
 Дяметиланилин 1/153–155, 254, 367, 498, 530; 2/113–115, 178, 181, 455, 1057, 1091, 1271; 3/536, 830; 4/92, 525; 5/559, 647, 722
 9,10-Дяметилантрацен 1/349
 Дяметиларсин 3/308
 Дяметилацетал 1/32, 420; 4/170
 N,N-Дяметилацетамид 2/115, 116; 1/230, 421, 427; 3/107, 1199, 1209, 1210, 1214, 1216–1219, 1246, 1258, 1260; 4/26, 58, 60, 71; 5/57, 235, 546, 860
 Дяметилацетилгидразид 2/117
 2,4-Дяметил-4-ацетилосн-2-оксазолин 3/683
 3',4'-Дяметилацетофенон 2/600
 3-Дяметил-2-ацетиламиноакриловые кислоты 3/897
 1,3-Дяметилбарбитуровая кислота 1/455
 N,N-Дяметилбензамид 1/488
 3,3'-Дяметилбензидин 4/397
 N,N-Дяметилбензиламин 2/116
 1,3-Дяметилбензимидазольный-катионы 4/267
 5,6-Дяметилбензимидазолпирротид 1/743
 5,6-Дяметилбензимидазолл-β-D-рибофуранозид 2/944, 946
 1(5),6-Дяметилбензимидазолы 1/744; 4/1199
 9,10-Дяметил-1,2-бензоантрацен 2/605
 Дяметилбеизолсульфонат 4/413
 Дяметилбензола, см. *Кислоты*
 5,7-Дяметилбеизо-2,1,3-тиадиазол 1/526
 2,6-Дяметил-1,4-бензохинон 1/533; 3/25; 4/1125
 Дяметилбериллий 1/538
 10,10'-Дяметил-9,9'-бнакридинийд-нитрат 2/1230
 N,N'-Дяметил-4,4'-бипиридин 5/333
 7,7-Дяметилбиккло[4.1.0]гептан-4-он 2/653
 эндо-4,4-Дяметилбиккло[3.2.1]окт-2-ин 2/598
 2,3-Дяметил-1,3-бутандиен 2/99, 100; 3/1026; 4/999
 2,3-Дяметил-2,3-бутандиол 3/1025, 1026
 2,3-Дяметил-3-бутанон 3/1026
 Дяметилбутаны 1/991
 Дяметилбутены 1/999
 3,3-Дяметилбутилмагийхлорид 4/1216
 N-(1,3-Дяметилбутил)-N'-фенил-n-фенилендиамин 1/333; 4/243
 Дяметилвинилкарбинол 2/116, 538
 Дяметилгексанола 3/727, 728
 2,6-Дяметил-2,5-гептадиен-4-он 2/744; 4/1256
 Дяметилгидразины 2/116, 117, 605; 1/1071, 1072, 1075, 1076; 3/107; 4/342, 1011
 N,O-Дяметилгидроксиламин 1/1095
 1,1-Дяметил-1-гидроксиметиламин 1/254, 255
 1,3-Дяметил-5-гидроксиндиол 5/181
 Дяметилглиоксаль 2/85
 Дяметилглиоксим 2/117, 105, 1034; 1/674; 3/475, 701–703; 4/85, 394, 395; 5/431
 Дяметилглиоксимат-ионы 2/920
 6-O,N,N-Дяметилглицил-D-глюконовая кислота 3/877
 N,N-Дяметилглицин 3/877
 N²-Дяметилгуанозин 4/1239
 N²-Дяметил-2'-дезоксигуанозин 3/173, 174
 6,10-Дяметил-3,5,9-декатриен-2-он 2/517
 Дяметилдибромсилан 3/799
 Дяметилдигидрорезорцин 2/112
 Дяметил-1,4-диоксан-2,5-дионы 2/1141
 4,4-Дяметил-1,3-диоксаны 1/639; 2/375; 4/199
 Дяметилдисульфид 2/117, 118; 3/102, 653; 4/903
 Дяметилдитокарбаминовые кислоты, Na-соли 3/106
 сим-Дяметилдифенилмочевина 1/453
 Дяметилдифторсилан 3/799
 2,5-Дяметил-2,5-дихлоргексан 3/292
 Дяметилдихлорсилан 2/1021, 1023; 3/126; 4/833
 Дяметилдихлорфосфин 2/122
 2,6-Дяметил-N,N-диэтиламиноацетанил, гидрохлорид 2/1175
 Дяметилдизетоксисилан 1/171
 N,N-Дяметилдиэтилендиол 3/924
 1,4-Дяметил-7-изопропилазулен 1/104
 Дяметилизофталат 2/396, 397; 4/90
 1,3-Дяметил-4-иминоурацил 5/707
 Дяметилкальций 2/580, 581
 N,N-Дяметилкарбаматы 2/474
 3-(Дяметилкарбамоноксис)-1-метилпиридинийбромид 3/710
 Дяметилкарбат 4/494
 Дяметилкарбонат 2/638
 Дяметилкетей 2/740
 Дяметилкетон 1/436, 437, 1148; 2/933; 3/661
 Дяметилксантины 2/1084, 1085; 4/274, 275
 e-N-Дяметиллинзинметилат 2/577
 Дяметилмагний 2/1236
 N,N-Дяметилмезидин 3/25
 Дяметилметиленбиккло[2.2.1]гептаны 2/597, 598; 5/146
 7,7-Дяметил-3-метиленбиккло[4.1.0]гептан 2/653
 2,2-Дяметил-3-метиленнорборнан 2/597, 598
 4-(2,2-Дяметил-6-метиленциклогексил)-3-бутен-2-он 2/517
 1,3-Дяметилмочевина 5/707

- Диметилмуконат 1/533
Диметилнафталины 3/116, 117
N,N-Диметилнитрамин 3/502
N,N-Диметилнитроанилин 4/1111
Диметилнитробензолы 2/1093
Диметилнитрозамины 2/117; 3/532
1,1-Диметил-1-нитроэтан 1/255
эндо, эндо-2,6-Диметилнорборнан 3/333
2,3-Диметил-2-норборнен 5/438
Диметилвые эфиры, см. индифференциальные представители и соответствующие кислоты
Диметилжелтый желтый 2/447
Диметилловый эфир 2/118, 132, 366; 3/125; 4/196; 5/758, 1008
2,5-Диметил-1,3,4-оксадиазол 3/674
2,5-Диметилкоказол 1/428
Диметилкоказат 5/795
3,3-Диметил-2-(3-оксобутил)циклопропанкарбоновая кислота 2/653
3,7-Диметил-1,6-октаден 5/774
α(β)- (транс-3,7-Диметил-2,7-октаден-1-олы) 1/1024. См. также Линалоол
2,6-Диметил-2,7-октадиол 5/938
Диметиллактатрени 1/187; 3/869, 1027; 4/1089, 1092
3,7-Диметил-6-октеналь 5/774
Диметиллактоилы 1/187; 2/96; 5/774, 938
Ди(3,7-диметиллактоил)азеланнат 1/64
Диметиллактоилмеланин 3/35
Диметиллактоилсина 3/712
Диметиллактоилфосфиновая кислота 2/118
Диметиллактоилфталат 4/90
Диметиллактаты 1/1023; 4/1074
N,N'-бис-(1,4-Диметиллактатил)-л-фенилендиамин 4/243
2,5-Диметиллактатперазин 1/265
Диметиллактатперидаин 2/1214
Диметиллактатперидаин 1/1216; 2/846, 1214, 1215; 4/429; 5/527
2,6-Диметил-γ-пирон 3/1074, 1075
Диметиллактатфосфат 2/122
Диметиллактоилсульфиды 2/118
2,2-Диметилпропан 3/345, 912
2,2-Диметилпропановая кислота 2/643, 644
1,1-Диметилпропиламин 1/232
бис-(1,2-Диметилпропил)боран 1/601
6,9-Диметилпурин 4/273
7,9-Диметилпуринийдиол 4/273
7,8-Диметил-(1'-D-рибидил)узоаллоказин 4/523
Диметилртуть 4/551
Диметилсбациннат 1/47; 4/607
Диметилселен 4/621
N,N-Диметилсеротонин 1/653, 654
Диметилсиландиол 2/1020
Диметилсиланциклобутан 2/1020
1,1-Диметилсиланциклопентан 2/1020
л-Диметилсиланциклопентанол 2/1018
Диметилсиланол 2/182
Диметилсиланоксанный каучук 2/1012-1014
Диметилсиланоксаны 1/286, 1045
Диметилсилуциат 5/1058
Диметилсульфат 2/119, 79, 83, 132, 138, 142, 179, 186, 606, 636, 1084, 1137; 1/298, 304, 455, 459, 543, 940, 988, 1074, 1140; 3/62, 109, 120, 121, 127, 294, 546, 703, 709, 1229; 4/273, 448, 905, 1252; 5/132
Диметилсульфид 2/119, 120, 938; 1/588, 601; 3/125, 133, 134, 653, 1089; 4/903, 912, 915, 1160
Диметилсульфидимин 3/541
Диметилсульфидноаборан 1/589
Диметилсульфид 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246
Диметилсульфидоксиды 3/541
Диметилсульфидоксиды 1/589
Диметилсульфидоксиды 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246
Диметилсульфидоксиды 3/541
Диметилсульфидоксиды 1/589
Диметилсульфидоксиды 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246
Диметилсульфидоксиды 3/541
Диметилсульфидоксиды 1/589
Диметилсульфидоксиды 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246
Диметилсульфидоксиды 3/541
Диметилсульфидоксиды 1/589
Диметилсульфидоксиды 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246
Диметилсульфидоксиды 3/541
Диметилсульфидоксиды 1/589
Диметилсульфидоксиды 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246
Диметилсульфидоксиды 3/541
Диметилсульфидоксиды 1/589
Диметилсульфидоксиды 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246
Диметилсульфидоксиды 3/541
Диметилсульфидоксиды 1/589
Диметилсульфидоксиды 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246
Диметилсульфидоксиды 3/541
Диметилсульфидоксиды 1/589
Диметилсульфидоксиды 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246
Диметилсульфидоксиды 3/541
Диметилсульфидоксиды 1/589
Диметилсульфидоксиды 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246
Диметилсульфидоксиды 3/541
Диметилсульфидоксиды 1/589
Диметилсульфидоксиды 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246
Диметилсульфидоксиды 3/541
Диметилсульфидоксиды 1/589
Диметилсульфидоксиды 4/921, 922
Диметилсульфидогалогениды 2/120
Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94,

- 1,5-Динитро-5,8-дигидроксиантрахинон 2/79
 1,4-Динитродиены 3/556
 Динитродифениламин 1/999
 4,4'-Динитродифенилсульфид 3/565
 4,4'-Динитродифенил-2,2'-дисульфокислота 5/569
 Динитро-*n*-дифенилкарбазид 2/553
 4,4'-Динитродифениловый эфир 2/80
 6,6'-Динитро-2,2'-дифеновая кислота 2/367
 Динитродихлорантрахиноны 1/944
 3,3'-Динитро-4,4'-дихлордифенилсульфон 3/543
 N,N'-Динитроизоэтиомочевина 4/1155
 N,N'-Динитроэпентаметилтетрамин 3/905; 4/134
 Динитрозоспирты 1/465
 Динитрокарбоновые кислоты, эфиры 1/1184
 Динитрокетоны 2/900; 3/558
 4,6-Динитро-*o*-крезол 1/106, 1027, 1034; 2/1005
 Динитроксантины 2/88
 Динитромеламмины 3/34
 4,4'-Динитро-2-(1-метилгептил)фениловый эфир 2/1080
 Динитроафталины 1/280, 608; 3/371, 547; 4/730, 1267, 1268
 Динитронафтолы 3/537, 538, 543
 2,4-Динитро-6-(2-октилфенил)хротонат 1/107
 3,10-Динитроперилены 3/950
 Динитропироксатенины 3/113
 2,4-Динитроорданбензол 2/133
 Динитросоединения
 ароматические 2/82, 83, 331
виш-замещенные 3/552, 557, 558
гем-замещенные 2/900; 3/556-558
 4,4'-Динитrostильбен 3/560
 2,8'-Динитrostильбен 3/408, 409
 Динитросульфенилирование 5/1057
 Динитротерфенилы 4/1095
 5,6(7)-Динитротетралины 4/1101
 Динитротриолы 2/133
 Динитротолуолы 1/453; 2/126, 934; 3/555, 560, 561; 4/1199, 1267
 2,4-Динитро-5',6'-*бис*-(трифторметил)-2'-хлордифениламин 1/108
 Динитрофенетолы 3/561, 562
 Динитрофенильные группы 3/569
 2,4-Динитрофенилгидразин 1/1075; 4/396
 2,4-Динитрофенилгидразоны 2/251, 252, 359, 743, 938, 1298; 3/26, 114, 128, 577, 725; 4/208
 Динитрофенилирование 5/1057
 Динитрофенолы 1/1026; 2/133; 3/519, 521, 558, 559, 562, 563, 670; 4/1267, 1268; 5/139
 2,4-Динитрофенолаты 2/133
 2,4-Динитрофторбензол 2/133
 Динитрохиноксалины 5/523
 Динитрохинолины 5/526
 Динитрохлорбензол(ы) 1/999; 3/565, 566
 2,4-изомер 2/133; 1/258; 3/107, 521, 543, 562, 563, 565, 604; 4/872, 1267, 1268
 6,12-Динитрохризен 5/607
 N,N'-Динитро-1,2-этилендиамин 5/988
 Динитробутон 1/107; 3/563
 Динитрокарб 1/107; 5/418
 Динитрофталат 3/1117
 Динитрофены 3/766
 Динитросеб 1/1027; 2/38; 3/563
 Динитротерб 1/1027
 Динитрофосфокислоты 5/1048
 Динитрофосфаты 3/601
 Динитрофосфиды 1/552
 Динитроазинные красители 3/675-677, 1017
 1,3-Диоксалан 1/504
 Диоксалидбромид 2/80, 456
 1,4-Диоксан-2,5-дион 2/1141
 Диоксан-лигнин 2/1173
 1,4-Диоксан-2-он 2/211
 Диоксаны 2/133, 134, 209, 211, 297, 406, 412, 448, 449, 518, 807, 897, 1237; 1/198, 422, 427, 1134; 3/713, 719, 738, 803, 1067, 1219; 4/169-171, 329, 343, 359, 469, 501, 512, 750, 872, 896, 906, 917, 918, 923, 924; 5/12, 222, 567, 901, 961, 984, 991
 1,3,2-Диоксафосфоланы 5/313
 1,3,2-Диоксафосфоринаны 2/95; 5/313
 1,2-Диоксетан 2/134, 135; 3/975; 5/446
 1,2-Диоксетандион 2/134
 1,2-Диоксетаноны 2/134
 Диоксанахтриноны 2/135, 136. См. также *Ализарин*, *Хинизарин*
 Диоксидионфосфат 1/1136
 Диоксидбензолы 2/136
o-изомер, см. *Пирокатехин*
m-изомер, см. *Резорцин*
p-изомер, см. *Гидрохинон*
 Диоксигеназы 2/241; 3/697
 Диоксигенильные соединения 2/136, 137, 767, 769; 3/575, 872, 971
 Диоксидин 2/137; 4/232
 Диоксидфторид 2/769; 3/971
 Диоксин-*R*-кислота 3/386
 Диоксин-*S*-кислота 3/386
 Диоксинмы 1/419, 464; 2/85, 742, 743, 830; 3/701, 703; 4/534; 5/427
 «Диоксин» 2/137, 138; 3/851; 4/1104; 5/586, 1045
 Диоксинафталины 2/138, 139
 2,4-Диоксинпиримидин-6-карбоновая кислота 3/812, 813
 2,4-Диоксогексагидропиримидин 1/455
 1,3-Диоксоиндан-2-карбоновая кислота, этиловый эфир 2/439
 Диоксоинданы 2/438, 439
 Диоксокарб 4/570
 α -[(1,3-Диоксолан-2-илметокси)имино]- α -фенилацетонитрил 1/329, 330
 Диоксоланы 2/139, 140; 1/422, 1061, 1134; 4/63; 5/135
 3,6(1*H*,2*H*)-Диоксопиримидин 3/1044
 2,5-Диоксогетрагидрофуран 5/1059
 2-(1,3-Диоксо-4,4,4-трифторбутил)тиофен 2/1214; 5/802
 Диоксоиндиоланы 3/271
 Диоксофосфаты 1/1120
 2,4-Диоксо-5-фторпиримидин 5/411
 Диоксоан 1/970
 Диоктилдипинат 3/1113
 Диоктилсебацат 3/1117; 4/167, 607
 Диоктилфосфат 3/907
 Диоктилфталат 2/140, 996; 3/327, 728, 1013, 1113, 1117
 Диолеилфосфатидилхолин 5/245
 Диолефины 2/671, 965; 4/1057
 Диолы 1/153, 422, 423, 444, 582; 2/100, 135, 171, 226, 325, 934, 935, 970, 1086, 1142, 1271; 3/33, 186, 187, 738, 744, 791, 1023, 1024, 1258; 4/30, 31, 56, 90, 95, 158, 800, 805, 1088, 1190; 5/96, 239, 377, 545, 999, 1000, 1054. См. также *Гликоли*
 Диольные липиды 2/141, 303, 1188, 1189; 5/273
 Диопсид 2/578; 4/676
 Диорганиламиды 5/710
 Диорганилдисульфиды 2/170, 171; 5/261
 Диорганилдиоксикарбоновые кислоты, соли 1/162
 Диорганилдиоксисиланы 2/1013
 Диорганилтеллуридогалогениды 4/1024, 1025
 O,O'-Диорганилтиофосфаты 4/1163
 Диорганилтригалогенфосфораны 5/260
 Диорганилфосфаты 4/1163
 Диорганилфосфиты 5/261, 267
 Диорганилфосфорные кислоты 5/253
 Диорганилхлорфосфины 5/261
 Диорганосилиновые кислоты 3/314, 315
 Диорганодиа(органоминно)силаны 3/804
 Диорганодихлорсиланы 2/1016; 3/804, 805
 Диорганополисульфиды 5/7, 264
 Диорганосиландиолы 2/1022
 Диорганосиланы 3/799, 800
 Диорганостаннилены 3/762
 Диорганотиоарсинистые кислоты 3/310
 Диорганосилиновые кислоты 2/924
 Диорганосилифиты 4/1192
 Диорты 4/561
 Диосенин 1/1048; 2/30, 959; 4/578, 579
 Диосин 4/578-580
 Диотропные реакции 4/665
 Дипальмитоилфосфатидилхолин 5/245, 246
 Дипентаметиленурамтетрасульфид 1/846
 Дн(пентахлорфенил)ртуть 4/552
 Дипентен 1/534; 2/99; 3/57, 58, 1027; 4/714, 1089, 1090, 1093, 1094
 Дипентиламин 1/232
 Дипептидилпептидаза 2/695
 Дипептиды 1/1150; 2/414, 427; 3/766, 930; 5/197
 Дипероксидкарбоновые кислоты 4/699
 Дипероксидолеандикарбоновая кислота 4/699
гем-Дипероксиды 3/975, 976
 Дипероксугульная кислота, эфиры 3/975
 Дипероксвольфраматы 1/822
 Дипивалоилметан 2/110
 Дипивалоилметанаты 5/966, 967
 Дипикриламины 1/560; 2/562
 Дипин 3/1029; 4/234
 Дипиридинитиурамдисульфид 1/162
 2,2'-Дипиридилдисульфид 1/478
 Дипиридилы соли 1/1026, 1032
 Дипиридилсульфид 2/645
 Дипиридилы 2/141, 110, 142, 264, 872; 3/1045; 4/394, 396, 397; 5/385
 Дипиридинкарбоновые кислоты 2/858
 Дипиририметаны 4/148
 Дипиририметены 4/148
 Дипирироллариметаны 1/264
 Дипириролметан 5/576-578
 Дипириролы 2/279
 Диплазин 2/1105
 Диплон 1/441
 Диполь-дипольное взаимодействие 3/16, 20; 4/884; 5/891, 1029
 n параметр растворимости 2/834
 спин-спиновое 4/798
 эффект(ы) аномерный 3/266, 267
 - конформационные 2/910, 911
 - Δ^2 3/266, 267
 Дипольные моменты 2/142, 143, 144, 210, 320, 372; 3/68, 158, 467, 468; 5/463, 1032. См. также *Межмолекулярные взаимодействия*
 в диэлектриках 2/206, 207
 в мезомерных системах 3/29, 30
 в пироэлектриках 3/1078
 и колебательные спектры 2/853-855
 и молярная рефракция 4/516
 и моменты квадрупольные 2/712
 - - квантовых переходов 2/727
 и поляризация люминесценции 2/1223
 и поляризуемость 2/865, 866; 4/124-127
 и эффект индуктивный 2/461
 - - Керра 2/739
 мгновенные 2/147
 молекул 1/856
 - поляричные 4/124, 126, 127
 -, симметрия 4/692
 - электронно-нежестких 3/392
 Дипольные присоединения, см. *Присоединения реакции*, *Penne реакции*, *Циклоприсоединения*
 Дипольрофилы 1/73, 74; 3/556
 Дипрокаммин 4/173, 188
 Дипропенил 2/99
 Дипропенилсульфид 2/76
 Дипропетрин 1/1033
 N,N'-Дипропиламин 2/1172
 Дипропиламин 4/196-198
 N,N'-Дипропиламин 1/153, 154
 N,N'-Дипропил-2,6-динитро-4-(трифторметил)анилин 4/196
 Дипропиленилгликоли 4/31, 199
 Дипропилкарбонат 2/638
 Дипропил-N-нитрозамин 3/532
 Дипропиловый эфир 5/1008
 Дипропилсульфид 4/912
 Дипропилсульфит 4/921
 N,N'-Дипропионилгидразин 4/207
 Дипрофен 4/774
 Дипрофиллин 4/771
 Дирака
 дельта-функция 4/824
 матрицы 4/787, 788
 уравнение 1/800; 2/721; 4/686, 787, 788; 5/868
 Диришнелева кислота 1/139
 Диртуль-катоды 3/576
 Дисазокрасители 1/81-83; 2/80, 138, 150, 996; 3/382; 4/1199
 Дисекретный черный C 3/381
 метиновые оранжевый 2/980
 Дисазонпигменты 2/997; 3/1014, 1015
 N,N'-Дисалицилден-1,2-пропилендиамин 4/174, 175
 Дисахариды 2/658-660, 1144; 3/614, 746-749, 1089; 4/200, 381, 581, 880; 5/93, 201, 661-663. См. также *Сахароза*
 Диселендихлорид 4/614
 Диселенпентаоксид 4/617
 Дисерадилхлорид 2/533
 Дисереброоксид 1/711, 714, 779, 810
 Дисамилборан 1/601
 Дисилианы 2/1024
 Дисилан 4/670, 671
 Дисилосканы 3/806
 Дисковые устройства 5/188, 192-194
 вакуум-фильтры 3/637
 истратели 4/180
 кристаллизаторы 2/1051
 мельницы 4/139
 питатели 3/1083, 1085
 форсунки 4/347, 348
 электроды 5/831, 832
 электроды 2/144, 145; 1/809; 5/842, 911, 913
 Диск-электрофорез 2/395
 Дискразит 4/637
 Дискретное взвешивание 1/698-701
 Дислокации 2/50-53, 55, 715, 957, 1071, 1153; 3/98, 146, 164, 499-501; 4/46, 117, 994; 5/52. См. также *Дефекты в кристаллах*
 Дисмембраны 2/354
 Дисмутация 3/103, 104. См. также *Диспропорционирование*, *Метатезис*
 Диспенсеры 5/161
 Диспергатор(ы) 1/865; 3/718, 1167, 1168; 4/769, 1012; 5/974. См. также *Диспергирование*
 беззольные 4/86
 вулканизации 1/845
 каучуков 4/42
 красок и пигментов 1/789; 2/799, 982; 3/991, 1010

- мыл 3/717
НФ 2/151, 996; 3/376
оксигетилированные 3/716, 717
ОП-10 4/37
пестицидных препаратов 3/716, 992
присадки 4/173
проксамин 4/189
проксанолы 4/189
сульфонаты 4/929
флотореагенты 5/208
- Дисперсионные аэрозоли 1/445, 446; 2/153, 154
- Диспергирование 2/145, 146; 1/1105.
См. также *Диспергаторы*
в звуковых полях 5/59, 62
жидкофазное 4/139. См. также *Распыливание*
и гранулирование 1/1188
и дисперсные системы 2/153, 154
и дисперсный анализ 2/148, 149, 152, 155
и золь-гель процесс 2/339, 340
и каплеудаление 2/613
и лиофильность 2/1183
и микровсплески 3/163
и моющее действие 3/282
и ПАВ 3/1162, 1163
и перемешивание 3/940
и пластификация полимеров 3/1116
и реология 5/172
и суспензии 4/951, 952
и эмульгирование 5/948, 949
интенсификация 2/491
«квасисамопроизвольное» 2/1183
самопроизвольное 2/1183; 3/1172
- Дисперсии
масляно-водные 1/1210
синтетических латексов 2/705
- Дисперсионное взаимодействие 2/147, 148, 300, 834, 905; 1/781, 782, 1112; 3/16–18; 4/126, 344, 374; 5/463
- Дисперсионно-твердые слывы 2/486, 1242, 1332. См. также *Дисперсионноупрочненные материалы*
- Дисперсионные анализаторы
газов 1/888
жидкостей 2/291
- Дисперсионные среды 2/152–156. См. также *Аэрозоли*
- Дисперсионный анализ 2/148, 146, 149, 792, 859; 4/180, 951
и пылемеры 4/279–281
кривые 3/404
пеп 3/922
ситовой 4/709, 710, 951
статистический 3/139; 4/183
- Дисперсия
волновая и энергетическая рентгеновского излучения 5/878, 879
выборочная 3/639, 640, 643
коэффициентов рефракции 4/514
оптического вращения 3/773; 4/859; 5/107, 539. См. также *Хироптические методы*
остаточная 3/642, 643
результатов анализа 3/136–139
скорости звука 1/135
- Дисперсно-наполненные полимеры 3/327, 328, 1119, 1121; 4/162, 604; 5/143, 144
- Дисперсность 2/148, 149, 152, 154; 4/951; 5/176
- Дисперсноупрочненные материалы 1/819, 821; 2/332, 336, 800, 877–879. См. также *Дисперсионно-термодеконструирующие материалы*
- Дисперсные красители 2/149, 77, 90, 150–152, 976–979, 991–993, 1094, 1095; 1/155; 3/371, 377, 523, 525, 1204, 1236; 4/50, 91, 840; 5/124, 125, 127
- азокрасители 1/82, 83; 2/149–152; 3/998
аминосоединения 3/543
антрахиноновые 1/240, 352–354; 2/149–152; 3/998
бирюзовые 2/78
для оргстекла 4/840
для печатания тканей 3/997, 998
желтые 2/972, 981; 3/543
– калрозоль 2/981
– прочный 2К 2/979; 3/543
кислотные 3/543
красный СМП 2/151
металлодержащие 2/993
макрогетероциклические 2/1254
МП 1/438
нейтротицианиновые 3/131
перинионовые 3/953, 954
розовый 1/260
сернистые 5/530
синие 2/79, 80, 135, 136, 244
тионидигоидные 4/1129
хиноидиновые 5/530
хинофталонионовые 5/535, 536
- Дисперсные системы 2/152, 145, 146, 153–156; 5/178
вязкость 1/872
газовые, см. *Аэрозоли*, *Пены*, *Порошки*
двойной электрический слой 2/1, 3, 408
дилатансия 2/111, 112; 4/885
дисперсионные 1/445, 446; 2/153, 154. См. также *Диспергаторы*, *Диспергирование*
изоэлектрическая точка 2/408, 840
как наполнители 3/327–330, 646
каменноугольный пек 3/895
коагуляция 2/816, 817, 818; 1/1111; 4/952; 5/171. См. также *Флокулянты*
коалесценция 2/818, 153
коллоидные, см. *Гели*, *Золы*, *Коллоидные системы*, *Латексы*
конденсационные 2/154, 808, 809; 4/884, 951, 952. См. также *Суспензии*, *Эмульсии*
лиофильные и лиофобные 2/153–156, 1182, 1183
микрогетерогенные, см. *Микроэмульсии*
мозаичные 4/884
моющее действие 3/283, 284
нефелометрия 3/440
нефтяной кокс 2/840
пенное разделение 3/897–901
пептизация 4/886
пигменты 3/1009, 1010
плазмохимические 3/1100
пленкообразователи 3/1140
поверхностные явления 3/1172–1174
псевдо- и сверхтекучесть 4/886
реология 4/488–492
синергизм 4/886
состав, см. *Дисперсионный анализ*, *Дисперсность*
структурообразование 4/884, 20, 885–888, 952; 2/152–156, 332, 338–340, 1182; 3/1167; 5/171. См. также *Зарождение новой фазы*
тискотропия 4/885, 886
устойчивость 2/1, 154–156; 3/1162; 4/952
фазы, см. *Дисперсионные среды*, *Дисперсные фазы*
физико-химическая механика 5/171, 172
химия, см. *Коллоидная химия*
частицы 2/796
– взаимодействия, см. *Гидрофобное взаимодействие*, *Дисперсионное взаимодействие*
черные пленки 5/776
электрокинетика, см. *Электрокинетические явления*
эмульсионные, см. *Эмульсии*
- Дисперсные фазы 2/148, 152–156, 191, 408, 840
Диспро[2.1.3.4]додекан 4/799
Диспрозий 2/156; 3/957, 958; 5/937
алюминиевый гранат 2/222
галогениды 2/157; 4/437, 1003
нитрат 2/157
оксиды 2/157; 4/586
органические соединения 2/157, 1147
получение 2/157; 1/875; 3/413
применение 2/157, 1226, 1227, 1240, 1243
свойства 2/156, 157; 4/432–434; 5/164
- Диспропорционирование 2/157, 158, 498, 602, 622, 626, 642, 716, 1022, 1025, 1093; 1/371, 597, 962, 983, 1073, 1161; 3/81, 103, 104, 121, 179, 800; 5/9, 222, 297, 368. См. также *Метатезис*
альдегидов, см. *Тищенко реакция*
в пептидном синтезе 3/932
внутримолекулярное 2/604; 3/542
гидратация 2/552
диффузионно-контролируемое 2/192
и хемилюминесценция 5/445
каталитическое 5/309, 332, 548, 549, 681, 712
колебательный режим 2/850
межмолекулярное 5/294
одноэлектронное 2/604; 3/545
окислительно-восстановительное 1/1073; 2/157, 158, 603; 3/664; 4/267, 554. См. также *Каннишаро реакция*
при перекислировании 3/936
при химическом осаждении из газовой фазы 5/503
радикальное 2/39, 40, 157, 158, 465, 525, 1239; 3/1062; 4/303, 306, 308, 310, 311
фотохимическое 5/332, 354, 356
электрохимическое 5/926
- Дисротаторные реакции 1/842, 843; 4/417, 420; 5/442, 443, 927, 928
- Диссимилиация 3/611, 937. См. также *Катаболизм*
- Диссипативные структуры 3/645, 841, 842; 4/136, 163, 574, 1070. См. также *Колебательные реакции*
- Диссолевры 3/942
- Диссоциативные процессы. См. также *Диссоциация*
захват электронов 2/1310
ионизация 2/524, 528, 529; 3/1102; 5/331
рекомбинация 2/530; 3/1102
хемосорбция 4/786
- Диссоциация 2/158. См. также *Диссоциативные процессы*
блокированных изонантов 2/406
в звуковых полях 5/59, 60
в монообменной хроматографии 2/518
в реакциях нонно-молекулярных 3/1102, 1103
– радиационно-химических 4/296
воды 1/786, 787; 4/693
и изоэлектрическая точка 2/408
и инициирование ценных реакций 2/466
и обмен 3/1000
и перенос протона 5/337
и pH среды 2/408
и термический анализ 4/1057
и ударные волны 5/52
и хемосорбция 5/683
и эффект клетки 2/755
ионных пар 2/511
нонгеновых групп 2/504
подистого водорода 2/497
- каталитическая 2/326
кинетика 2/36, 939; 3/427–430
кислот(ы) подноватистой 2/495
– карбоновых 2/644
– полиосновных 2/871
– серной 4/643
координационных соединений 2/926, 930, 931, 933
лазерная 3/189–191
многоатомных нонов 5/742
молекулярными пучками 3/239, 240
на диаграмме состав – свойство 2/55
одно- и многофотонная 3/239
пентаоксида азота 3/528
полиэлектронных 4/78, 79
полярная 2/529
при изотопном обмене 2/387, 388
растворенного вещества 4/361
с перезарядкой нонов 2/508, 509
степень 5/176, 586, 800, 856, 857
термическая 2/403; 3/1069; 5/59
фотохимическая 1/767; 2/158, 728, 810, 811, 1119, 1122, 1123; 3/141, 189, 191; 4/309; 5/331, 338, 339, 351–353, 356
электролитическая 5/856, 857, 923; 1/762, 763; 4/360, 361, 745. См. также *Ионизация*
энергия 2/158, 852, 853, 984; 3/18; 5/331, 463
- Дистамини 3/924, 925
Дистаннаны 3/760
Дистанционный анализ 1/292
Дистеарил-сп-глицеро-3-фосфо-сп-глицерин 5/244
сп-1,2-Дистеарил-3-пальмитонилглицерин 2/303
Дистеарилфосфатидилхоллин 5/245, 246
- Дистиллированная вода 2/158, 159, 574; 1/730, 772; 3/829, 1148
- Дистилляты 2/159
вакуумные 2/169, 1251; 3/443
керосиновые 3/377
масляные 2/168
нековые 2/595
- Дистиллятные масла 2/168, 463, 903, 1251; 3/277, 446, 466, 472; 4/167, 171, 438–440, 1113–1116; 5/28–30
- Дистилляция 2/159, 1299, 1300; 5/415, 1005. См. также *Дистилляты*
азеотропная 5/1011
вакуумная 3/349
в металлургии 3/93, 1069
в неорганическом синтезе 3/420
в производстве особо чистых веществ 3/835
– полиэтиленполиамов 4/85, 86
– серы 4/633
и очистка стоков 3/859
и разделение изотопов 2/391, 393
– металлов 2/561
и ректификация 4/452
и ректификация 5/824
и хроматография 5/625, 627, 628
контроль 2/210, 293
молекулярная 2/164, 165, 916; 4/458
нефти 2/165, 166–169; 3/441–443, 458, 462; 4/460, 461. См. также *Гидрон*, *Мазут*
низкотемпературная 3/101
при обжиге 3/1000
простая 2/160–163
пассеры 2/552
радиоактивных отходов 4/320, 321
фракционная 2/159, 164–169, 893, 1004
- 2,5-Дистиллипризин 4/999
Дисульфамиды 4/899
Дисульфид 2/170; 3/576; 4/902, 903
Дисульфидхлорид 2/202
Дисульфидизомеразы 2/364; 3/198

- Дисульфидные связи 2/423–425, 475, 476, 487, 736, 1156; 3/198; 5/17. См. также *Дисульфиды*
- Дисульфидный каучук 4/41
- Дисульфиды, см. также *Дисульфидные связи*
- неорганические 2/178, 179, 745; 4/515, 1124; 5/217, 305
- органические 2/170, 117, 118, 120, 171, 173, 178, 213, 697; 1/902; 4/634, 908, 909, 915, 916, 938, 1127, 1134, 1137, 1146, 1150–1152, 1160, 1166
- Дисульфидиды 1/515
- 4,6-Дисульфидно-1-нафтойная кислота 4/915
- Дисульфидрам 4/1111
- Дисульфидоацетальдегид 4/918
- 2,4-Дисульфидбензальдегид 2/1083
- Дисульфидоксиды 2/78
- β -Дисульфидоксиды 4/272
- Дисульфидонамиды 4/896, 897
- Дисульфидонамины 4/896, 897
- Дисульфидоны 2/170; 4/932, 934, 1151, 1152
- 4,6-Дисульфидорезорцин 4/1266
- 2,4-Дисульфидофенилфлуорон 5/128
- Дисульфидохинон 4/254
- Дисульфидхлориды 4/61
- Дисульфидурил 3/577
- Дисульфидурилалогениды 4/939, 940
- Диталинфос 5/421
- Дителлуриды 4/1024
- Дитерпаны 3/379
- Дитерпеноиды 1/226; 2/602, 1285; 4/741. См. также *Терпеноиды*
- Дитерпены 1/342; 2/171, 605; 3/156; 4/714, 1090–1092; 5/438, 1054
- алкалоиды 2/171, 172, 173; 5/1051, 1052
- кислоты 2/283; 4/739–742
- Дитиалаканы 2/170
- 2,3-Дитиабутан 2/117, 118
- 2,3-Дитиа-1,5-Диазинидан 3/575
- 1,3,5-Дитиазины 2/93
- 1,7-Дитиа-15-краун-5-эфир 2/985
- 1,12-Дитиа-[2.2](2,7)нафталинфосан 5/743
- Дитианон 5/418
- Дитианы 2/173; 4/1128; 5/225, 991
- 2,4-Дитиапентан 4/911
- 1,2-Дитиациклоалканы 2/170
- Дитиациклогексаны 2/173
- Дитиациклопентаны 2/177, 178
- Ди(2-тиенил)метан 4/1157
- 1,3-Дитиетаны 4/1132
- Дитизон 2/174, 336; 1/736; 3/8; 4/394, 395, 550, 594, 640; 5/220, 750
- Дитиозонаты 2/174; 4/504, 505
- 1,4-Дитиин 4/1116
- Дитилян 2/1105, 1106
- 3,3'-Дитио-*бис*-аминопропеновая кислота 5/768
- Дитиоарсениты 3/312
- Дитиоацетали амидов карбоновых кислот 1/420
- Дитиоацетаты 4/1155
- Дитиоацилален 4/1135
- «Дитиоациллоны» 1/709
- Дитиобензойная кислота 2/177
- Дитиобурет 1/981
- 2,4-Дитиогидантоны 1/655
- Дитиогликоли винциальные 2/174, 170, 175
- Дитиоглицерин 2/175
- 1,4-Дитиогликолид 4/1127
- Дитиодекафторид 4/655
- Дитиодибромид 4/655, 656
- Дитиодигликолевая кислота 4/1127
- Дитиодифторид 4/655, 656
- Дитиодихлорид 3/671; 4/654–656
- Дитионзолаверлановая кислота 2/177
- Дитионизомасляная кислота 2/177
- Дитиокарбаматы 1/330, 337, 846; 2/175–177; 4/326, 1139, 1154; 5/417
- Дитиокарбамид 1/981
- Дитиокарбаминные кислоты 2/175, 176, 177, 179; 4/1168; 5/417, 978
- тиурамдисульфиды, см. *Алкилтиурамдисульфиды*, *Тетурам*, *Тиурамы*
- эфиры, см. *Дитиоуретаны*
- Дитиокарбонаты 4/1153; 5/779
- Дитиокарбоновые кислоты 2/177, 179; 4/654
- 1,2-Дитиол-3-оны 2/180
- 1,3-Дитиолан-2-оны 2/174
- 1,2-Дитиолан-3-тион 1/179
- Дитиоланы 2/177, 174, 178; 4/652, 653, 1122, 1133, 1134
- 1,2-Дитиолентин 2/179, 180
- Дитиолиа соли 2/178, 179; 4/634, 930
- Дитиолсульфиты 4/921
- Дитиолтион(ы) 2/179, 180
- Дитиолы 2/174, 175, 178, 179, 987; 3/734, 1248; 4/1134, 1155, 1202
- Дитиомурьянная кислота 2/177
- Дитионистая кислота 4/45
- 5,5-Дитио-*бис*-(2-нитробензойная) кислота 4/1164; 5/941, 942
- Дитиооксамид 4/555
- 6,8-Дитиооктановая кислота 2/1193
- Дитиопропеновая кислота 2/177
- Дитиосульфиты 4/634
- Дитиоугольные кислоты 4/1152–1154
- амиды, см. *Дитиокарбаминные кислоты*
- О,5-диэфиры 4/1131
- О-эфиры 2/573. См. также *Ксантогенаты*
- S-эфиры 3/606
- Дитиоуксусная кислота 2/177; 4/1155
- Дитиоуретаны 2/175–177; 4/1156, 1166
- Дитиофосфаты 2/471, 472; 4/1162; 5/207
- 1,3,2-Дитиофосфоланы 2/174
- Дитиофосфорные кислоты, эфиры 2/177, 470; 4/172, 173, 1160
- Дитиохлорформаты 2/176
- Дитиощан 1/970
- Дитиощавелевая кислота, динимид 4/555
- Дитиозтиленгликоль 2/175
- Дитозилаты 2/986, 987
- Дитозилдиамин 2/987
- 1,4-Ди-*п*-толиламиноацетрахинон 1/352, 353
- Ди-*п*-толилкарбодимид 2/630
- Дитоллиполисульфиды 4/43
- Дитоллисульфиды 4/1206
- Дитоллиэтаны 3/122
- Ди-*п*-толидинантрахиноны 1/944
- 1,4-Ди-*п*-толидинно-5,8-дигидроксина-трахинон 2/79
- 1,4-Ди-*п*-толидинно-5,8-дигидроксина-трахинон-2,6-дисульфокислота 2/79
- Диторийникелид 2/481
- Ди-трапекс 3/405
- Дитразин, соли 4/225
- Дитридециловый спирт 2/97
- Дитридецилтиодинпропионат 2/97
- Ди(трифторметил)ртуть 4/551
- Дитрифторметилтрихлорфосфоран 2/716
- Дитропил 5/20
- Дитропилийоксид 5/20
- Дитропиловый эфир 5/20
- Дитцент 1/1175
- Диуранаты 5/74, 83
- Диурановая кислота 5/74, 83
- Диуретат 5/87
- Диуретаны 4/25
- Диуретик, см. *Диуретические средства*
- Диуретические средства 2/180, 181, 204, 1085; 1/341, 1119; 4/240, 270, 275, 901; 5/203, 433, 520, 715
- Диурон 1/1030, 1031; 2/203; 4/695
- Дифацион 2/342, 439
- Дифаенакум 2/343
- Дифенам О 1/334
- Дифенамид 1/1029
- Дифенизокват-метилсульфат 1/1031
- Дифенилы 1/512, 566, 616; 2/89, 90, 151, 591, 593, 1041; 3/536, 1058, 1059, 1066, 1088; 4/390, 1012, 1050. См. также *Бифенил*
- и дифениловый эфир, смесь 1/567; 2/185; 3/940; 4/1050
- мономзамещенные 1/1158
- 1,3-Дифенилаллен 2/367
- Дифениламиды 5/775
- Дифениламин 2/181, 182, 205, 251, 450, 474, 497, 618, 934; 1/35, 94, 272, 306, 670, 712, 713, 717, 1075; 3/536, 542, 543; 4/61, 135, 172; 5/116, 145, 666, 667, 999
- Дифениламин-2,2'-дикарбоновая кислота 2/450
- Дифениламин-4-сульфокислота 1/670; 2/205
- 2,5-Дифениламинотерифталевая кислота 3/1017
- 9,10-Дифенилантрацен 5/444
- Дифенилацетилен 2/182
- Дифенилацетилен-клэзо-тетракис-(трикарбонилрутений) 2/793
- 2-(Дифенилацетил)-1,3-индандион 2/439
- N,N'-Дифенилбензамидин 1/488
- Дифенилбензидин 2/450
- Дифенилбензолы 4/1094, 1095
- Дифенилбромметан 2/183
- 1,4-Дифенилбутандиен 4/418
- Дифенилбутандиин 5/122
- 1,1-Дифенилбутан 2/1298, 5/122
- 2,3-Дифенил-2,3-бутандиол 3/1025
- Дифенилбутилпиперидины 3/398, 399
- Дифенилгалогенонные соединения 1/957
- 2,6-*бис*-Дифенилгексаметилтетрациклосилоксан 2/1023
- 5,5-Дифенилгидантоин 4/240
- Дифенилгидразины 1/491, 1075; 3/536
- Дифенилгидразоны 1/419
- Дифенилгликолевая кислота 1/494; 5/591
- Дифенилглиноксаль 1/493, 494
- Дифенилглиоксиматы, полннотиды 3/1238
- N,N'-Дифенилгуанидин(ы) 2/182, 183, 186, 187; 1/306, 634, 846; 4/82, 396; 5/572
- Дифенилгуанидинный-катноны 4/396
- Дифенилгуанидиния соли 4/1221
- (+)-3,6-Дифенил-1,4-диоксан-2,5-дион 2/1141
- Дифенилдигидроксисиланы 1/171
- Дифенилдигликоксисиланы 1/171
- Дифенилдисульфид 4/1158
- Дифенил-4,4'-дисульфокислота 1/566
- Дифенилдифеноксисилан 1/171
- Дифенилдихлорметан 1/201
- Дифенилдихлорсилан 2/1022; 5/128, 129
- Дифенил(диэтоксисилан) 1/171; 2/1022
- Дифениленимин 2/617–619
- o,o'*-Дифениленметан 5/212, 213
- Дифениленоксид 1/418; 2/90, 91, 591
- Дифениленсульфид 1/336; 2/591, 593, 595
- N,N'-Дифенилнзотиомочевина 2/186
- 4,5-Дифенилимидазол 1/508
- Дифенилкарбазид 2/183, 1235; 4/394, 397; 5/610
- Дифенилкарбазон 2/183; 3/64
- Дифенилкарбен 2/622
- 1,5-Дифенилкарбогидразид 2/183
- Дифенилкарбодимиды 2/186; 4/816
- Дифенилкарбонат 2/638; 3/1253
- Дифенилкетен 2/740
- Дифенилкетенин 1/200
- Дифенилкетон 1/530; 4/1149
- Дифенилмалеиновая кислота 1/615
- Дифенилметан 2/183, 88, 184, 236; 1/373, 947; 3/113; 4/32; 5/213, 786
- 4,4'-Дифенилметандинозолианат 2/184, 80, 185, 401, 406; 1/306; 4/50, 54, 1088; 5/85, 86
- Дифенилметановые красители 1/366, 367; 3/1089; 4/668
- Дифенилметилхлорид 2/938
- Дифенилмочевина 3/280; 5/125, 238
- Дифенил-N-нитрозамин 3/532
- Дифенилнитроксил 3/544
- 1,5-Дифенил-3-нитроформазан 2/174
- Дифениловая смесь, см. *Дифенильная смесь*
- Дифениловые эфиры, см. индивиду-альные представители и соответствующие кислоты
- Дифениловый эфир 2/88, 90, 185, 786; 3/721, 722, 1058, 1059; 5/127, 132. См. также *Дифенилсид*
- смесь с дифенилом 1/567; 2/185; 3/940; 4/1050
- Дифенилосадианолы 3/674
- 2,5-Дифенилосазол 3/679; 4/329
- 2,5-Дифенил-2-оксазолин 3/681
- Дифенилосид 2/185, 226, 846; 4/61, 1050; 5/1008. См. также *Дифениловый эфир*
- Дифенилосидкарбоновые кислоты 3/1247; 4/26
- Дифенилопропан 1/436, 437, 994; 2/95, 96; 3/116, 1270; 4/54, 757; 5/963
- Дифенилпикрилгидразил 1/1070, 1075; 2/185, 432; 4/302
- N,N'-Дифенил-N'-пикрилгидразильный радикал 2/185, 432; 1/1070, 1075; 4/302
- 1,3-Дифенилпипразолин 3/836
- 1,3-Дифенил-1,3-пропандион 2/86, 87
- Дифенилртуть 1/958; 4/551, 976
- Дифенилсилан 4/32
- Дифенилсизандиол 2/1013, 1020, 1022
- Дифенилсульфид 1/336; 2/89, 90, 186; 3/224; 5/569
- Дифенилсульфит 4/921
- Дифенил-4-сульфокислота 5/127
- Дифенилсульфоксид 4/925
- Дифенилсульфон 2/186; 4/933
- Дифенилсульфон-3,3'-дисульфокислота, дигидразид 2/186
- Дифенилталлийбормид 4/976
- Дифенилтетракарбоновые кислоты 3/1247; 5/385
- Дифенилтиокарбазид 2/174
- Дифенилтиокарбазон 2/174
- N,N'-Дифенилтиокарбамид 1/306; 2/186, 187
- Дифенилтиокетон 2/178
- N,N'-Дифенилтиомочевина 2/186, 187; 1/306
- 2,6-Дифенилтиопирилийперхлорат 4/1144
- N,N'-Дифенил-N-(триметилсилан)мочевина 4/682
- Дифенилтрифторфосфоран 2/764
- Дифенилуксусная кислота, тропинов-ый эфир 4/238
- N,N'-Дифенил-1,4-фенилендиамин 1/633, 635; 2/376; 5/532
- 2,5-Дифенил-3-фенилоксазол 1/336
- 1,5-Дифенилформазан 5/219
- Дифенилфосфит 5/7
- 3,3'-Дифенилфталид 5/380
- 4,4'-Дифенилфталидкарбоновая кислота 4/26
- Дифенилфторарсин 1/385
- 3,4-Дифенилфурозан 5/427

- N,N'-Дифенилхинондиимин 5/531, 532
Дифенилхлорарсин 3/843, 844, 846
Дифенилхлорметан 2/183
Дифенилхлорфосфат 1/962
Дифенилхлорфосфин 1/962
Дифенилхлорфосфит 1/966
Дифенилхианаарсин 3/843, 844, 846
Дифенилцианид 4/918
Дифенилциклопропены 1/70
Дифенильная смесь 1/567; 2/185; 3/940; 4/1830
Дифенильные углеводороды 3/463
Дифенилэтан 2/204
Дифенилэтандион 1/493
1,2-Дифенилэтанол 5/370
Дифенилэтилены 4/418, 867–869
Дифенин 1/319, 320, 1068; 4/240, 241
2,2'-Дифеновая кислота 5/117
Дифеноксурон 1/1030, 1031
Дифенолы 3/36; 4/94; 5/397
Диферулоилметан 2/972
Дифильные соединения 1/789; 3/181–184, 260, 1160; 4/127
Дифлубензурон 2/474
Дифманометры 2/1280–1282; 3/1150; 5/89, 90
9,10-Диформилантрацен 1/349
Диформиль 1/1141, 1142
N,N'-Диформилэтилсиднамин 2/413
Дифос 2/472
Дифосген 2/187, 419; 3/843, 844, 846
Дифосфат-гомоовалонат 3/617, 618
Дифосфатдиаллилглицерины 2/187, 188, 1191; 3/48, 49; 5/244, 269
Дифосфат-мевалонат 3/617, 618
Дифосфаты 5/246, 248, 251, 252
Дифосфиниодид 5/265, 277
Дифосфины 1/392, 1120; 5/263, 264, 307
Дифосфиты 1/1120
Дифосфолипидные кислоты 1/43, 1008, 1136, 1143; 5/268
Дифосфоинозитид 5/271
Дифосфония соли 2/630, 631
Дифосфониевые кислоты 5/280
Дифосфориддинуклеотид 5/745
Дифосфор
пентаоксид 1/753; 3/629, 630, 775; 4/339, 843, 1156, 1158, 1169
пентасульфид 1/721; 2/1137; 3/870; 4/1118, 1126, 1135, 1162, 1163, 1230
Дифосфорная кислота 5/287
Дифрактометры 3/168; 4/473–476
Дифракционные методы 2/188, 1063, 1065; 1/407; 3/21, 168, 240, 402, 404; 5/515
анализ рентгеновский структурный 4/473, 474, 475, 882, 883; 2/190 – фазовый 4/475, 476; 2/190
мессбауэрография 2/188, 189, 191
нейтроннография 3/404; 2/189–191; 4/882
рентгенография 4/476, 477; 2/188, 190
ультрамикроскопия 5/62, 63, 64
электроно-зондовые 5/877, 878
электронография 5/893; 2/188–190; 4/882
Дифракция, см. Дифракционные методы
Дифтапоцнаннин 5/383
Дифтерийный токсин 4/1195
Дифторамны 1/96, 98, 1184; 2/68, 69, 214; 3/508
Дифторбензол 5/406
Дифтордиазин 1/96, 97
3,3-Дифтор-3H-диазирин 2/69
Дифтордибромметан 2/641; 5/549, 550
Дифтордихлорметан 3/928; 4/195, 1104; 5/549, 550
Дифтордихлорсилан 2/1031
1,1-Дифтор-1,2-дихлорэтан 1/714
- сим-Дифтордихлорэтилен 2/191, 192
Дифторкарбен 1/995; 4/67, 69, 1103; 5/294, 736
Дифторметилеиен-бис-типофторнт 5/399
N,N'-Диформочевина 1/1184
2,3-Дифторнафталин 5/736
Дифтороксид 1/768
1,3-Дифтор-2-пропанол 2/342
Дифторсилан 2/1031
Дифторсилоксан 2/1031
Дифторфосген 2/137
Дифторфосфораны 5/791
Дифторфосфорная кислота 5/408
Дифторхлорбромметан 1/704; 2/432; 3/649; 5/548–550
Дифторхлорметан 4/195, 1104; 5/548–550
Дифторхлорметилгипофторнт 5/399
1,1-Дифтор-1-хлорэтан 1/714; 5/549, 550
1,1-Дифторциклогексан 4/1216
Дифторэтан 5/549, 550
1,1-Дифторэтилен 5/401
1,1-Дифторэтилфторсульфат 5/409
1,2-Ди(2-фурил)этандион 5/431
Дифурулиденацетон 5/430
Дифференциальные методы
анализ термический 2/35, 36; 4/1057, 1058, 1085
– фотометрический 5/335
импульсная вольтамперметрия 1/809
перекрытие орбиталей 4/120
сканирующая калориметрия 2/576
Дифференциальные параметры реакций, сечения 2/124
– тепловые эффекты 4/1036, 1037
теплота сорбции 1/55
Дифференциальные устройства детекторы 1/909
калориметры 2/574–576
исасы 3/342
реакторы 1/466, 486
термопары 2/574
Дифференциальный закон регулирования 1/24
Диффузионные материалы обработка, см. Диффузионные методы
получение 2/197
разделительные мембраны 3/55, 56
твердые сплавы 2/1242
Диффузионные методы легирование 2/1154; 4/116, 117
насыщение металлов и сплавов 2/950, 1154; 4/807
осаждение 4/782
пламен 2/195, 154
термохимические 2/251; 3/1001
фотография 4/501, 504, 505, 509
хромотаграфия 3/818
цинкование 2/321
Диффузионные процессы (явления)
горение 1/1165, 1168–1171; 2/192
мгледанс 2/429
массообменные, см. Массообмен
мембранные 2/1300; 3/42, 43
модели, структура потоков 4/1245
отражение, спектры 4/780, 782
переноса, см. Переноса процессы
плазмохимические 3/1100
планарные 3/1103–1105
разделение воздуха 1/798
термоэффект 4/1043
ток 2/194, 954, 1098; 4/123, 128; 5/637, 638, 895, 911
форез 1/448; 2/200. См. также Электродфорез
Диффузионные реакции кинетика, см. Диффузия
контролируемые 2/192, 193, 755, 868; 4/297, 307, 406, 832, 872
- пара частиц-реагентов 2/192, 193; 4/309
Диффузионные устройства насосы 1/64; 2/201, 1011, 1315; 3/344
смесители 4/736
Диффузия 2/195, 196; 1/448; 5/178
амбиоплярная 2/531
броуновская 1/447; 2/195
в газовой фазе 2/192, 197, 198
в конденсированных средах 2/192, 193, 198–200
в твердых телах 5/516
взаимная 2/478, 1072, 1074
внешняя и внутренняя 1/1051, 1052
встречная 3/256
закон Фика 2/126, 192, 195–197, 514; 3/947, 948; 4/1067
зародышей «ядла» осей размеров» 2/318, 319
и адсорбция 1/60, 61
и вид освещения 5/653
и двойной электрический слой 2/3, 4
и дефекты в кристаллах 4/994
и дисперсный состав системы 2/155, 156
и иммобилизация ферментов 2/422, 423
и испарение 2/541, 542
и капиллярная проницаемость 2/613
и коррозия металлов 1/907, 908; 2/436, 953–957
и критические явления 2/1072, 1073
и липфильность 2/1183
и обмен изотопный 2/388
и перенос фотоизображения 5/325–327
– неонный 2/514
и реакция в растворах 2/990, 991; 4/406, 407
– гетерогенные 1/1049–1052, 1058
– , кинетика 1/548, 1218; 2/192, 193, 195, 1254–1261; 4/831. См. также Диффузионные реакции
– колебательные 2/851
– ферментативные 5/156
и реакционная способность 4/423
и ректификация 4/455, 456, 459
и спилlover 4/786
и теория подобия 3/1181, 1183–1185
– столкновений 4/870
и химико-термическая обработка металлов 5/451
и химический транспорт 5/497
и экстрагирование 5/820, 821
как необратимый процесс 1/839; 3/644, 645, 946–949; 4/1065, 1067, 1069, 1073
квантовая 2/1035
кнудсеновская 1/60; 3/42
конвективная 2/1298–1300; 3/39, 948; 5/820, 821
латеральная 3/52
массовая, см. Изотопное разделение
методы, см. Диффузионные методы
молекулярная 1/60; 2/164, 195, 197–200, 541, 1256, 1257, 1259, 1260, 1298–1300; 3/39, 214, 215; 4/261; 5/29–31, 497
параметры, коэффициенты 2

- Дихлордибутилолово 3/761
1,4-Дихлор-5,8-дигидроксинантрахион 1/354
3,6-Дихлор-4,5-дигидроксид-2,7-нафталиндисульфокислота 2/203
Дихлордиметилгидантоин 2/9, 18
Дихлордиметиловый эфир 2/202, 606; 3/691
Дихлордиметилсилан 3/804
Дихлординитроазоксибензол 2/133
2,5-Дихлор-1,3-динитробензол 2/203
5,5'-Дихлор-2,3'-динитродисульфид 5/569
4,4'-Дихлордифенил 1/566; 3/1059
4,4'-Дихлордифенилсульфон 4/44
1,2-Дихлор-1,2-дифенилэтан 4/854, 855
Дихлордифторид 1/966
2,3-Дихлор-5,6-дихлор-1,4-бензохинон 2/325; 3/390, 768; 4/147
Дихлордиэтиловый эфир 2/202, 134, 707, 708; 1/960, 1140; 4/41
Дихлордиэтилолово 3/763
β,β'-Дихлордиэтилсульфид 2/533
β,β'-Дихлордиэтилсульфон 4/935
Дихлордиэтоксилан 1/171
1,2-Дихлордиэтанол 3/72, 405
Дихлордиэтанол 3/405
Дихлордиэтанолсульфон 2/19; 5/777
Дихлориндантоин 1/244
Дихлориндолбензол 2/497, 498; 3/346
Дихлоркамфаны 2/597, 600
Дихлоркарбион 2/93, 373, 622, 1138, 1139; 3/1078; 4/341, 1143; 5/414, 527, 580, 585
N,N-Дихлор-л-карбоксибензолсульфамид 1/338
9,9-Дихлорксантен 2/88
Дихлоркислоты 5/566
1,4-Дихлор-л-ментен 4/1093
Дихлорметан 1/19, 504, 834, 836; 2/10; 3/113, 114, 125, 348, 374, 887, 902, 911, 986; 4/924; 5/580. См. также *Метилхлорид*
Дихлорметилалкильные эфиры 5/224
(Дихлорметил)бензол 1/488
2-Дихлорметил-4-гидроксиметил-5-(4-нитрофенил)-2-оксазолон 3/683
4-Дихлор-6-метил-5-ди(2-хлорэтил)-аминопиримидин 2/221
1,4-Дихлорметилдурол 2/236
Дихлорметилдифосфорильные соединения 1/361
Дихлорметилениминные соли 2/418
Дихлорметиловый эфир, см. *Дихлордиметиловый эфир*
(Дихлорметил)хлорбензолы 5/583
N,N'-Дихлормочевина 3/280
Дихлорнафталины 3/380, 950; 5/568
1,4-Дихлор-2-нафтол 3/387
2,3-Дихлор-1,4-нафтохинон 1/193; 3/388, 390; 5/418, 535
Дихлорнитроанилины 3/523; 5/418
Дихлорнитробензолы 2/202, 201, 203; 3/565; 5/11
μ-Дихлор-бис-(η-аллил)дипалладий 1/183; 2/927
Дихлороаммио(этиламин)платина 2/930
Дихлородиамминоплатина 2/927, 928
7,7-Дихлороркаран 5/725
Дихлорорксаяксид 5/555
Дихлорорксаяксид 5/555, 556
10,10-Дихлор-9-окса-10-сила-9,10-дигидрофенантрен 2/1019
Дихлороксид 5/554, 555
3,3-Дихлор-2-оксоиндолин-5-сульфохлорид 2/346
α,ω-Дихлороктаметилтетрасилоксан 3/806
6,8-Дихлороктаноат 2/1194
Дихлор-бис-(метиламин)платина 2/930
Дихлорорганиосиланы 3/804, 807
α,ω-Дихлорорганиосилоксаны 3/806
Дихлор-бис-(трифенилфосфин)платина 2/926
Дихлорфенил 1/337, 452
Дихлор(η-1,5-циклооктадиен)платина 2/97
3,9(10)-Дихлорперилены 3/950
1,2-Дихлорперфторциклобутан 3/986
4,6-Дихлорпиколиновая кислота 3/1018
3,6-Дихлорпиридазин 3/1043
4,6-Дихлорпиримидин 3/832
Дихлорпроп 4/207
β,γ-Дихлорпропанол 1/959
Дихлорпропаны 1/140, 949; 3/405; 4/42, 194, 199, 202
Дихлорпропены 1/949; 3/405; 5/416
Дихлорпропиловый эфир 4/202
Ди(3-хлорпропил)сульфат 4/921
1,2-Дихлорпропионитрил 1/117
Дихлорпропионовая кислота 1/195, 955; 5/582, 583
2,6-Дихлорпурин 4/274
Дихлорсилан 2/1009, 1032
Дихлорсульфамиды 4/924
2,4-Дихлор-5-сульфамилбензойная кислота 5/433
Дихлорсульфаны 4/655, 903
Дихлорсульфолан 4/926
2,5-Дихлортетрафталевая кислота 1/113
2,6-Дихлортетрагидропирин 3/1038
2,3-Дихлортетрагидрофуран 4/1096
1,3-Дихлортетраметилдисилоксан 3/806
Дихлортитаноксен 3/78, 92
Дихлортолуолы 1/488; 4/1202; 5/583
Дихлортриазин 2/975
Дихлортриазиновые активные красители 1/128
Дихлоруксусная кислота 1/956; 3/762; 5/584, 585
1,4-Дихлорфеазин 5/115
2,4-Дихлорфеистол 5/120, 121
2-(2,6-Дихлорфениламино)-2-имидазолин, гидроксид 2/812
2-(2,6-Дихлорфениламино)фенилуксусная кислота, Na-соль 2/110
N-(3,4-Дихлорфенил)-N,N-диметилмочевина 4/695
1-(2,6-Дихлорфенил)-2-индолинон 2/110
6,11-Дихлор-5,12-бис-(фенилэтинил)тетрацен 5/444
N-3-(2,4-Дихлорфеинокси)пропил-N-метил-2-пропиламин 3/254
Дихлорфеноксуксусная кислота 1/416, 956, 1027, 1028, 1034; 5/585-587
Дихлорфенолсульфофталеин 4/936
Дихлорфенолы 5/11, 587, 588
2,7-Дихлорфлуорен 5/213
Дихлорфлуоресцеин 2/1217
Дихлорфос (дихлорфос) 2/122, 472; 3/967
Дихлорфосфин 3/671
бис-(Дихлорфосфино)алканы 1/964
4,5-Дихлорфталева кислота 5/377
Дихлорфторамин 1/97
Дихлорфторметан 3/909; 4/67
Дихлорфумародинитрил 4/1108
Дихлорфумаровая кислота 1/432
2,3-Дихлорхиноксалин 5/523
6,12-Дихлорхризен 5/607
4,4-Дихлорхромеин 1/517, 518
2,7-Дихлорхромотроповая кислота 2/203
Дихлорциклогексаны 2/912
l-2-с-4-Дихлорциклопентан-л-1-карбоновая кислота 3/571
1,1-Дихлорциклопропан 5/739
Дихлорэтан 2/203, 9, 34, 82, 173, 178, 184, 204, 212, 461, 647, 732, 812; 1/140, 709, 723, 724, 760, 761, 887, 889, 947, 949; 3/113, 371, 374, 375, 740, 1029, 1040; 4/42, 43, 85, 172, 266, 355; 5/12, 13, 416, 973, 982, 984, 985, 987, 989, 994, 998
N,N-Ди(2-хлорэтил)аминдифосфорная кислота 5/745
Дихлорэтиларсин 3/315
Ди-(β-хлорэтил)галогенфосфаты 5/13
1,2-Дихлорэтиленкарбонат 2/638
Дихлорэтилены 1/715, 947; 4/1129; 5/12, 13
Ди(β-хлорэтиловый)эфир 3/121
Ди(2-хлорэтил)сульфон 2/94
Ди(β-хлорэтил)формаль 4/41
Ди(хлорэтил)хлорфосфат 1/962
Дихлотиазид 2/204, 180; 1/1119
Дихлорпро-метил 1/1028
Дихлорфос, см. *Дихлорфос*
Дихлорфлуанид 5/417
Дихлорин 2/457, 458
Дихрографы 5/540
Дихроичное поглощение 5/540
Дихромалюминид 2/481
Дихроматометрия 2/204, 205; 1/670; 4/1189; 5/631
Дихроматы 3/969, 1224; 4/396; 5/630-633
Дихромовая кислота 2/783, 801; 3/1046; 5/617. См. также *Хромовая кислота*
Дициан 1/93, 970; 3/514; 4/555, 1108, 1165, 1253; 5/9, 699, 700, 706, 795, 796
Дициандиамид 2/205, 804, 990, 996; 1/1210; 3/34, 38, 282, 646, 870, 997, 1239; 4/256; 5/137, 701
Дициандиамидлейтерид 2/190
Дициандиамин 1/455
Дицианоаурат-ионы 2/333, 334
Дицианоацетилен 4/1108; 5/706
Дицианобензолы 5/381, 812
2,3-Дициано-1,4-бензохинон 2/13
1,4-Дицианобутан 1/47
Дицианобутены 1/989
Дицианоодиамидо-формальдегидные смолы 2/205, 236
β,β'-Дицианоэтилсульфид 5/709
Дицианокобальтовая кислота 2/945, 946
Дицианометан 2/1274-1276
1-(2-Дицианоэтилен)гидразио-4-трифторметоксбензол 3/670, 671
Дицианоолефины 2/1276
Дицианоэтилен 5/706
Дициклогексилан 4/173
N,N'-Дициклогексил-2-бензотиазолил-сульфенамид 3/62
Дициклогексилборан 1/601
Дициклогексилкарбодимид 1/40, 299, 442; 2/135, 629, 630, 1143; 3/670, 931, 1077, 1246; 4/277, 1169
Дициклогексилметан 2/183
Дициклогексилмочевина 4/277
Дициклогексилпероксидкарбоната 5/446
Дициклогексилртуть 4/552
Дициклопентадиеин 2/205, 206; 1/35; 3/104, 875; 4/468; 5/635, 991
бис-(Дициклопентадиенил)технеций 4/1113
Дициклопентениловый эфир 5/963
Дициклопропилвинилгалогениды 5/373
Дициркконаты 5/761
Дицистеин 5/768
Диние метод 1/264
Диздральные углы 3/208, 210, 219
Дизэлектрики 2/206, 207-209, 706, 708, 1018, 1019, 1026, 1071, 1123, 1124; 1/115, 136, 188, 262, 382; 3/100, 167, 227, 418, 508, 695, 696, 698, 984, 1137, 1138, 1248, 1252; 4/52, 442-444, 837, 911, 977; 5/102, 257, 668, 761
дефектоскопия 2/48
жидкости 2/90, 1011, 1012; 5/11
зонная теория 4/995, 996
и полупроводники 2/206; 4/105
и поляризуемость 2/206, 207; 4/125
как материалы магнитные 1/407; 2/1240, 1241; 4/142
— радиопоглощающие 4/332
— сверхпроводящие 4/585
параметры, см. *Дизлектрическая проницаемость, Дизлектрические потери*
пирозелетрикс 3/1078
поляризация 2/143, 206, 207; 3/1078; 4/284, 608
пробой 2/208
пьезоэлектрики 4/284
радиационная стойкость 4/291
релаксация 2/208
сегнетоэлектрики 1/672; 2/1012; 4/284, 608
управляемые 2/208, 209
электроизоляционные 2/208, 209
электреты 5/835, 836; 4/285, 1062
Дизлектрическая проницаемость 2/3, 4, 7, 143, 206-210, 299, 912, 913, 1072; 4/125, 356, 359, 360, 376, 748, 837, 996; 5/856, 857, 860
Дизлектрическая релаксация, метод 2/208
Дизлектрическая сепарация 3/634
Дизлектрические потери 2/207-210, 292; 4/333
Дизлектронетрия 2/209, 210
Дизлектронетрия 2/209, 210, 292; 1/755
Ди-эм, см. *Адамсит*
Диэпоксиды 3/1224; 4/30, 93
Диэтан 5/146
Диэтаноламиды 3/686; 5/973, 974
Диэтаноламин 1/5, 140, 265, 865, 902, 932, 1096; 2/210; 3/686, 1029, 1164; 5/196, 973-976, 991, 993
Диэтанолнитрамидинитрат 2/210; 1/608; 3/507
Диэтанол-N-нитрамидинитрат 2/210
Диэтилбензолы 2/92, 93
Диэтиладипинат 1/47
N,N'-Диэтилалкиламины 5/978
Диэтилалкилнитрил 2/210; 1/210, 628; 3/78, 79, 1220; 4/22, 62
Диэтиламиниды 4/654; 5/978
Диэтиламин 1/846, 895, 1147, 1148; 2/214, 215, 1021, 1032, 1175, 1176; 3/386; 4/205, 750, 1111, 1263; 5/977-979, 995
Диэтиламиноалканола 1/235; 2/215; 3/567
Диэтиламиногруппа 3/569
Диэтиламинометилсилан 2/1024
(Диэтиламинометил)триэтоксилан 2/1020
1-Диэтиламино-4-пентанон 1/238
Диэтиламинофенилдибромфторфосфоран 2/716
m-(N,N'-Диэтиламино)фенол 2/1083; 3/676
Диэтиламиноэтанол 2/215; 3/567
Диэтиламиноэтилакрилат 1/235
Диэтиламиноэтилалкил 3/568
Диэтиламиноэтиламин 3/568
Диэтиламиноэтилметакрилат 1/234, 235
10-(N,N'-Диэтиламиноэтил)фенотиазин, гидроксид 4/237
Диэтиламиноэтилхлорид 5/668
Диэтиламиноэтилцеллоуза 2/1145; 5/668
2,7-бис-[2-(Диэтиламино)этокси]-9-флуорен 2/427

- Диэтиламмоний
2,5-дигидроксibenзолсульфонат
1/322
диэтилдитиокарбамат 2/177
Диэтиланилин 1/153, 154; 2/302; 4/92
Диэтилацетали 1/420–422, 1147; 4/208
Диэтилацеталь 1/422
Диэтилацетатфосфонат 1/3
5,5-Диэтилбарбитуровая кислота
4/742
Диэтилбензолы 2/210, 93, 211; 1/65,
159
N,N-Диэтил-2-бензотиазолилсульфен-
амид 3/62
3,4-Диэтил-3,4-гександиол 3/1025
Ди(2-этилгексил)адицинат 1/47; 5/981
Ди(2-этилгексил)азелаинат 1/65
Ди(2-этилгексил)изофталат 2/396, 397
Ди(2-этилгексил)себацинат 4/607
Ди(2-этилгексил)фенилфосфат 5/981
Ди(2-этилгексил)фосфорная кислота
1/537; 2/445; 3/566; 4/396, 435;
5/825
Ди(2-этилгексил)фталат 3/1116, 1117;
5/981
Диэтилендиосилан 3/799
N,N-Диэтил-2,5-диметилбензамид
4/495
Диэтилдисульфид 4/1155
Диэтилдитиокарбамат 3/272; 4/1021
Диэтилдитиокарбаминовая кислота
2/177; 4/1111
сим-Диэтилдифенилмочевина 1/453
О,О-Диэтил-S-(2-диэтиламино)этил-
тиофосфат 4/1163
Диэтиленгликоль 2/211, 212, 806;
1/1133; 4/768, 1202; 5/15, 85, 377,
660, 984
диметилловые эфиры 1/1140. См.
также *Глимы*
моно- и диалкиловые эфиры 1/789.
См. также *Карбитолы*
Диэтиленгликоль-бис-аллилкарбонат
2/638
Диэтиленгликольдинитрат 2/212, 126;
1/453, 607, 706; 4/162
Диэтилендиамин 3/1029
Диэтилендиоксид 2/134
Диэтилендисульфид 2/173
Диэтилендиоксид 3/275, 276
Диэтилендиурин 2/212, 9, 83, 213;
1/453; 4/85, 86
Диэтилендиуринпентауксусная кис-
лота 2/213, 872; 5/160
Диэтилизоталат 2/396, 397
Диэтилкальций 2/580
Диэтилкарбинол 1/538
Диэтилкарбитол 2/627
Диэтилкарбодимид 4/277
Диэтилкарбонат 2/638; 3/916
Диэтилкетон 2/740; 4/595
Диэтилксантогендисульфид 2/213
Диэтилмагний 2/1236, 1237
Диэтилмалонат 2/1273–1275; 3/529
Диэтилметилдифторфосфоран 2/716
Диэтилмочевина 4/277; 5/979
N,N-Диэтилнитрамин 3/502
Диэтил-*n*-нитрофенилфосфат 2/635
Диэтиловые эфиры, см. индивидуаль-
ные представители и соответствую-
щие кислоты
Диэтиловый эфир 2/213, 12, 103, 117,
214, 1086; 1/140, 455, 542, 602, 838,
1175, 1202, 1203; 3/104, 121, 123,
350, 397, 572, 721, 722, 785, 803;
4/135, 388, 512, 648, 671, 713, 752,
804, 812, 852, 865–867, 1222; 5/6,
116, 200, 221, 256, 449, 544, 557, 693,
702, 790, 791, 961, 979, 991, 995–999,
1007, 1008, 1010
алдуки 2/779
и сольватированный электрон 4/750
как растворитель 1/6–8; 2/532;
4/359
Диэтилоксалат 2/785; 5/795, 796
3,3-Диэтилоксетан 3/685
Диэтилолово 3/763
Диэтильтрут 4/551
Диэтилсилидиол 2/1020
Диэтилстильбэстрол 2/605, 606; 5/972
Диэтилсукцинат 5/1058
Диэтилсульфат 2/606; 4/905; 5/995,
999
Диэтилсульфид 2/651; 3/653; 4/912
Диэтилсульфит 4/921, 922
Диэтилсульфоксид 4/925
Диэтилтарат 1/726
N,N-Диэтил-*m*-толуамид 4/494
N,N-Диэтил-1,1,2-трифтор-2-хлорэтил-
амин 2/214; 1/953
N,N-Диэтил-*n*-феиллендиамин 5/531,
554
N,N-Диэтил-*n*-феиллендиаминсульфат
4/253
2,6-Диэтилфенол 5/121
Диэтилформаль 1/422
Диэтилфосфит 1/3; 2/549
Диэтилфосфорная кислота 5/242, 253
Диэтилфталат 2/214, 215; 3/1117
Диэтилфумарат 2/76
Диэтилхлортрифторфосфат 1/961
Диэтилхлорфосфат 1/962
Диэтилхлорфосфин 1/963
Диэтилхлорфосфит 1/966
N,N-Диэтилэтаноламин 2/215, 1318,
1319; 5/978
Диэтил(2-этилтиоэтил)тиофосфат
3/1091
Диэтильные соединения 4/48, 49,
61, 62, 70
3,3'-Диэтоксизаоксбензол 3/561
N,N'-4,4'-Диэтоксидифенил)мочевина
5/238
Ди(этоксикарбонил)карбен 4/1158
2,2-Диэтоксипропан 1/422
1,1-Диэтокс-1-сила-3-циклопентен
2/1020
1,3-Диэтокситетраметилдисилоксан
3/807
Диэфиры 1/656; 3/277, 291, 292, 1081,
1082; 4/199, 1131. См. также инди-
видуальные представители
Длиннопламенные угле 2/597
Длины
молекулы ДНК 3/587
свободного пробега электронов 3/97
связей 1/378, 411, 412; 2/852, 984;
3/29, 30, 208, 210, 219, 330–334,
390, 797; 5/461, 463, 897
ДЛФО-теория 2/817
ДМ, см. *Адамсит*
2,4-ДМ, гербицид 1/1028
ДМИ, см. 4,4-Дифенилметандиизоци-
анат
ДМСО, см. *Диметилсульфоксид*
ДМФА, см. *Диметилформамид*
Дневные флуоресцентные пигменты
5/213
ДНК 1/1124, 1125, 1229; 2/20, 21, 969;
3/589–593, 599. См. также *Дезокси-
рибонуклеиновые кислоты*
A,B,Z-формы 3/586
агрегация структур 4/1063
антигены 1/324
биосинтез, мутации 3/293–301
– нарушения 2/137. См. также *Ре-
парация*
– стимуляция 2/478; 4/428
вирусные 3/587, 594, 719; 4/218
вехромосомные 4/495, 496. См.
также *Плазмиды*
геномов 1/1014
гены 1/1009, 1008, 1010–1012;
2/1322–1325; 3/211, 1051; 5/636
– привающие, см. *Мигрирующие ге-
нетические элементы*
гетеродуплексы 4/451
длины молекул, единицы 3/587
и генина инженерия 1/555
и дезоксирибонуклеазы 3/584
и интерлейкины 2/478
и канцерогены 2/604
и микотоксины 3/154
и митохондрины 3/179
и ниацин 3/470
и нуклеопротены 3/599
и регуляторные белки 3/587
и РНК, гибриды 3/587, 588
и хроматин 3/599
как метаболиты 3/619, 620, 622, 624,
626
кодирование иммуноглобулинов
2/424
кольцевые 3/587
комплементарность 2/877; 4/495
конъюгация 4/451
копия 2/1322–1325
кроссинговер 4/451
матричные процессы, см. *ДНК-мат-
рицы, Репликация, Транскрипция*
мионые нуклеониды 3/173–175
митохондриальный хлоропласт 3/587
нуклеотидные последовательности и
состав 1/472, 482; 3/585–587,
594; 5/38, 342
одинотажные 3/587, 588
палиндромы 3/151
полимерные комплексы 4/20
предшественники 4/519
распределение в клетках 5/769, 770
растений 1/559
реверсин 4/492
рекомбинантные 3/212, 594; 4/450–
452, 510
репликация 4/495
рестрикции и модификация 4/510,
276, 509. См. также *Мутагены*
рибосомные 4/522
сайт-специфичность 4/450, 492,
493, 509
секвенирование 3/588, 589; 4/522
спирали двойные 1/559; 3/586, 587,
593; 4/450–452, 493, 495–498
– сверхструктурные 3/587, 1096
SOS-система 4/493
транслация 4/451
транскрипция 4/451
ферментативный гидролиз 3/599
фотореактивация 4/492
хроматина 5/619, 620
хромосомные 3/587
чужеродные, расщепление 4/509
– трансформация 4/1242, 45, 1243,
1244
экзоны 2/581
электропорация 4/1243, 1244
ДНК-гидразы 3/587
ДНК-зависимые ДНК-полимеразы
3/1241, 1242; 4/1231
ДНК-зависимые РНК
нуклеотидилтрансферазы 4/527, 528
полимеразы 1/303, 552; 2/1322;
3/1241, 1242; 4/426; 5/1049
ДНК-лигаза 3/470, 589, 590; 4/493,
497
ДНК-матрицы 2/877, 1322, 1325;
3/300, 587, 588, 626; 4/426, 496
и самовоспроизведение нуклеино-
вых кислот 4/496
и синтез мРНК, см. *Транскрипция*
– – пептидов 3/934
ДНК-полимеразы 3/300, 587, 589, 741;
4/451, 492, 493, 495, 496
вирусные 4/218
ДНК-зависимые 3/1241, 1242; 4/1231
РНК-зависимые 3/1242
ДНК-репликационная система 4/495
ДНК-топоизомеразы 4/498, 1214
ДНОК, гербицид 1/1027; 2/38; 3/563
ДНС
α-аминокислота 1/476
П, сульфат 4/929
пептид 1/476
ДНС-Эдмана метод 5/801
Добезилат-кальций 1/322
Доверительные вероятности и интер-
вал результатов измерений 3/136–
139, 638, 639; 4/181, 182
Долекаборан 2/651
Долекаванадиевая кислота 1/670
Долекагидрокарбазол 2/618
Долекаметилен 5/725
Долекаметиленигуанидин 1/1210
Долекаметиленидиамин 2/115
Долекаметилциклотетрасилазан 3/805
Долекан 1/5
Долеканаль 2/215, 216
1-Долеканамин 2/216
Долекандамин 2/215
Долекандикарбоновая кислота 3/1202
Долекановая кислота 1/863, 864;
2/643, 644, 1151
Долеканол 2/216
Долекаантиол 4/1136, 1139
Долекарбонилтрижелезо 2/252, 253,
274
2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7-Долекафторгеп-
тан 4/805
Долекаэзан 4/76, 858
Додеморф 5/419
Додециламин 2/216, 51
Додецилбензолсульфат 3/1164
Додецилгуанидиннацетат 5/420
Додецилсульфонат 2/401
трет-Додецилмеркаптан 1/629, 636
Додециловая кислота 2/216
Додециловый альдегид 2/215, 216
Додециловый спирт 1/866; 2/216;
3/169
Додецилсульфат 3/1164
Додецилтиодипропионат 2/96, 97
Додецилфосфат 3/1164
Доиды 1/1210; 5/420
Дожди
искусственные 4/227, 636
кислотные, см. *Кислотные осадки*
Дожитание
автомобильных выхлопов, см. *Вы-
бросы автотранспорта*
термическое примесей в газах 1/903
Доза(ы)
внесения удобрений 5/55
излучения (облучения) 2/216, 217,
499. См. также *Радиационная за-
щита*
– измерение, см. *Дозиметрия*
– как мера светостойкости 4/590
– мощность 2/217; 4/289, 292
– поглощенная 2/216, 503
– фактор уменьшения 4/326, 327
– цветные индикаторы 2/221
– эквивалентная 2/216, 217; 4/288
лекарственного средства 2/1160.
См. также *Фармакокинетика*
токсические ОБ 2/467; 3/843. См.
также *Токсичность*
Дозанекс 1/1030
Дозаторы 2/217, 218, 219; 3/144; 5/210
конвейерные, см. *Роторно-конвей-
ерные линии*
насосы 3/342
питатели 3/1083
проб в хромотографии 2/609; 3/342
Дозиметрия 2/219, 216, 217, 220, 221,
1209, 1227; 3/501; 4/329, 338. См.
также *Радиационная защита*
ДОК, кортикоид 2/958
Докзангексаеновая кислота 2/307;
3/396
Докзановая кислота 1/863, 864; 4/968
Докзанпентаеновая кислота 1/863,
864
Докзеновая кислота 1/863, 864

- Доксидиклин 4/1110
 Доксорубин 1/356, 357
 Докторская проба 3/447
 Долан 3/1198–1200
 Долговечность материалов 2/1133; 3/144; 4/251; 5/171
 Долгоживущие частицы карбатионы 2/627
 радионуклиды 4/321, 331, 332
 свободные радикалы 4/300–304
 Долихол(ы) 3/48, 197
 Доломит(ы) 1/280, 773; 2/282, 353, 578, 637, 639, 734, 868, 1234, 1235, 1247; 3/328, 633, 1001; 4/673, 838, 978; 5/42, 44, 113, 114, 199, 298
 известь 2/349
 как удобрение 2/498
 каолиновый 1/871
 мука 2/348, 1233
 обожженный 1/871; 2/1233, 1251
 огнеупоры 3/650
 Домениос производство 3/93
 печи 2/256, 263; 3/1004, 1005
 продукты, графит 1/1190
 – кокс 2/836, 846, 847
 – шлаки 2/348, 588
 Домены 1/474, 475, 482, 484; 2/53; 3/51, 1098, 1192; 4/54, 56, 526, 527, 608, 708, 994, 1087, 1186, 1195, 1196, 1224; 5/86, 168, 662, 771, 772
 «Домнио»-дненовый синтез 2/101
 Доинана потенциал 3/47, 48
 уравнение 3/47
 эффект 4/79
 Дюнные продукты, см. *Каменноугольная смола*
 Дюно-акцепторная связь 1/432, 665; 2/831, 832, 877, 918, 1019, 1171; 3/82, 83, 207, 545, 735; 5/462, 651, 811, 812, 827, 828, 834, 835, 860.
 См. также *Дюно-акцепторные взаимодействия*, *Координационная связь*, *Лиганды*
 Дюно-акцепторные взаимодействия 1/512; 2/294
 в конденсированных фазах 2/2, 527
 в реакциях, см. *Перегруппировки*, *Реакции химические*
 в комплексные соединения, см. *Дюно-акцепторная связь*, *Координационные соединения*
 – – молекулярные 3/223, 205, 224, 225, 891; 2/478, 525
 кислото-основные 2/281, 282, 778–782
 овалентный перенос 3/651, 652, 653
 Дюно-число 2/780
 Дюны, см. *Кислоты и основания*
 Дюность нефтепродуктов 1/52; 3/968
 Дюность 2/222, 400, 401
 Дюны 2/221; 4/234
 Дюрование 2/51, 53; 3/1215, 1238
 Дюра эффект 3/66, 158
 Дюры 2/222
 Дюре металл 4/1020
 Дюридан 2/398, 399
 Дюриан 4/49, 50
 Дюрия, см. (+) *Абсцизовая кислота*
 Дюра эффект 5/847–850
 Дюро-октановое число 3/725
 Дюровые покрытия 2/594, 595, 904, 1175, 1319
 Дюст 4/616
 Дюф, классификатор 5/981
 Дюфа 1/1161; 2/1152
 Дюфа-декарбонизация 4/695
 Дюфа 2/222, 695, 696, 1152; 1/745; 3/399, 619, 620; 4/237, 267, 269, 694, 695, 742, 1225; 5/116, 948, 1039, 1049
 Дюфаминомиметические средства 4/237
 ДюФА-хинон 2/271, 272
 Дюветкостонные стали 2/258, 259, 261
 2,4-ДП, гербицид 1/1028
 Драгоценные камни природные 2/332; 3/1193; 4/681, 739; 5/678, 761, 788, 789. См. также *Алмаз(ы)*, *Кремния диоксид*, *Флюорит*, *Шпинели*
 синтетические 2/222, 223. См. также *Гранаты синтетические*
 Драгоценные металлы 3/97. См. также *Благородные металлы*
 Драгон 3/1198–1200
 Древесина 2/223, 224; 1/305; 4/1039; 5/619, 664, 665
 антиоксиданты 1/628; 2/1091
 антипирены 1/335; 2/1246; 3/1060
 антисептики 1/336, 337, 668, 1006; 2/226, 264, 594–596, 613; 3/305, 368, 689; 4/940; 5/127, 400, 407, 588, 749, 751, 756, 979
 балансовая 2/1164
 воспламенение 1/831
 гидрофобизация 3/876
 грунтовки 1/1208
 дровяная 2/1164
 золочение 3/755
 зольность 2/341, 498
 искусственная 3/905
 истирание 1/620
 как диэлектрик 2/208
 как ионит 2/504
 как пьезоэлектрик 4/284
 кислородно-щелочная делигнификация 2/1164
 крашение 2/994, 995; 3/471, 694; 5/412
 материалы, см. *Древесные материалы*
 модифицирование 3/200, 201
 морение 2/994, 995
 огнезащита 3/646
 пиролиз (сухая перегонка) 3/1059, 107, 120, 351, 785, 1058, 1060, 1061; 1/667; 2/225, 226, 230, 231, 1004, 1165; 4/771; 5/56
 пиротехническая 3/1075
 просмоленная 2/600, 602
 склеивание 2/802
 слоистая клееная 2/225, 226; 3/282
 смолы, см. *Осмол*
 состав 2/223; 5/662. См. также *Гемиллюлозы*, *Лигнин*, *Целлюлоза*
 сушка 4/959
 томирование 2/994
 химия 5/515, 664, 665, 668
 энергохимическая переработка 2/1165; 4/118, 119. См. также *Лесохимия*
 Древесная зелень 2/1165, 1166
 Древесные материалы (продукты) антифрикционные и фрикционные 1/343, 344; 5/371
 зола как удобрение 2/498
 карбюратор 2/232
 клеевые композиции 2/229
 масло 5/25, 26
 мука 1/262, 280, 706, 788; 2/126, 131; 3/128; 4/165, 731; 5/143, 186
 пековые 2/226; 3/894; 4/771
 плиты 2/227; 3/282
 – волокнистые 2/29, 30, 227–229, 1166; 3/646; 4/572, 1042; 5/138
 – столбчатые 2/225
 – стружечные 2/29, 30, 185, 224, 225, 227–229, 282, 1106; 3/646; 5/138
 полуцеллюлоза 4/118, 119. См. также *Метилцеллюлоза*
 прессовочные массы 2/229, 230; 3/282
 слоистые пластики 2/230, 224, 225; 1/369, 370; 3/327; 4/723; 5/144
 смола 2/226, 227, 375, 1165; 1/1101; 3/893, 894, 1059, 1060; 4/771
 спирт 3/785. См. также *Метиловый спирт*
 сульфатный концентрат 3/894
 уголь 2/230, 231, 232, 239, 766, 1165; 1/130, 431; 3/305, 1054, 1059, 1060; 4/224, 654; 5/452
 фанера 2/225, 226
 Дрейдинга модели 3/227
 Дрейфовая скорость носителей заряда 4/103
 Дреинирование 3/637, 1180; 5/909
 Дрейчерные установки 3/1191
 Дрималины 1/129
 Дробление и ударные волны 5/52
 струй жидкости, см. *Распыливание твердых материалов* 1/190, 702, 707, 1205; 2/350–353; 3/630; 4/180
 Дробные процессы вымораживание 3/323
 дистилляция 2/159, 164–169
 кристаллизация 2/752, 1045; 3/93, 117; 4/762
 осаждение 4/833
 Дробный анализ 2/710, 711
 Дробящие взрывчатые вещества 1/607, 608
 Дрожжи 1/748, 850, 1000; 3/151; 5/38, 272, 415, 771, 818, 954
 выращивание 1/483. См. также *Микробиологический синтез*
 и брожение 1/558, 608, 609; 3/627; 4/582
 как восстановители 2/655
 кормовые 2/232, 233, 1164; 1/1006, 1101–1103; 3/155, 157; 4/920; 5/204, 995, 996
 метаболиты 3/611, 614
 мутации 3/293, 300, 301
 пекарские 2/1278; 3/155, 470; 4/1229
 пивные 2/81; 3/470
 состав 1/1144; 2/187, 571; 3/156, 470; 4/859, 861
 Дроперидол 3/398, 399, 1031; 4/269
 Дроссельный эффект 5/594
 и анализ газов 1/887
 и охлаждение 5/599–601
 Друде уравнение 5/540, 541
 Друде-Нериста-Борна уравнение 1/1218
 Друзы 1/1123; 3/166
 Друк-фильтры 5/191
 ДС-РАС, сульфат 4/928
 ДССК, каучуки 1/635
 ДТПА как кислота 2/213
 комплексонат железа 2/269
 Дуалистическая теория Берцелиуса 3/572; 5/508, 509
 Дубинина-Радускевича уравнение 1/58, 59
 Дубинина-Стёкла уравнение 1/59
 Дубильные вещества, см. *Дубление*
 Дубление 2/225, 594, 731, 994, 998, 1165, 1175; 3/366; 4/609, 978, 979; 5/222, 619
 в фотографии 2/233, 234; 5/182, 322, 453
 желатина 2/85
 кожи и меха 2/234, 202, 235, 236, 835, 836; 1/859; 4/544, 919, 920, 980, 995, 996; 5/138, 143, 631, 761
 при крашении 5/535
 Дублетные состояния 3/287, 288; 5/882
 Дублирование металлов полимерными пленками 3/86; 5/660
 Дуговой разряд 3/1094, 1099; 4/776, 777
 Дуговые атомные спектры 1/412
 Дуговые печи 3/999
 Дуктильность битумов 3/447
 Дульдин 5/119
 Дульцит 3/615, 616
 Дулиты 2/348, 1233; 4/561
 Дуоплазматрон 2/507
 Дуосол-процесс 4/612
 Дуплекс-хроммирование 1/976
 Дураболит 1/290, 291
 Дуралюминий 1/214, 215; 3/695
 Дуризол 2/229
 Дурипанель 2/229
 Дурил 2/236; 1/375, 514; 3/1067; 4/257, 258
 Дуротон 5/144
 Дуронион 3/476; 5/354, 533
 Дурбан 2/470, 471
 Дурхемовский полиастилен 3/1216
 Дусти 3/993; 4/541
 Дустистые вещества 2/237, 238, 239; 3/558. См. также *Эфирные масла*, *индивидуальные представители как пищевые добавки* 2/648; 3/1089
 одоризация, см. *Дезодоранты*
 ДУФ, ускоритель вулканизации 2/183
 ДУПГ, радикал 2/185
 ДУХК, кислота 2/203
 ДУК, карбодимид 2/629, 630
 Дымность отработавших газов дизелей 4/174
 Дымные пороха 1/706; 3/1076; 4/136, 621
 Дымовые извещатели 4/667
 Дымовые составы 2/239, 240, 1032; 1/998; 3/1075, 1076; 4/669, 1245; 5/117. См. также *Дым*
 Дымовые шашки 2/240; 3/993, 994; 5/416
 Дымососы-пылеуловители 1/898
 Дымы 1/446; 2/153, 154, 239, 240, 304; 3/843, 1075, 1186, 1190; 4/279–281, 283, 667–669, 898, 1244
 Дырки 1/1054, 1055, 1062, 1193; 2/196, 1239; 3/1095; 4/103–105, 626, 627, 998, 1075; 5/332, 333, 678, 924
 Дыроная проводимость 3/1103, 1104, 1106; 4/103–105, 112
 Дыроное уравнение состояния 5/72
 Дыроный ветер 5/898
 Дыхание 2/240, 241, 242; 1/558; 3/50, 503, 665; 4/894; 5/34, 159, 508
 и гликолиз 1/1136
 и кетоны 2/747
 и кислород 2/240, 767, 768. См. также *Гемоглобин*
 и окислительное фосфорилирование 1/558; 2/240, 241; 3/668–671, 697
 и супероксид-ионы 2/526
 и цикл трикарбоновых кислот 3/668; 4/1259, 1261
 ингибиторы 4/541
 как каталитический процесс 3/611, 612
 коферменты 2/967, 968
 минутный объем 2/242
 «нитратное» 2/240
 растений 1/1026; 2/240, 241
 субстраты 2/241; 3/668–671
 «сульфатное» 2/240
 цепь переноса электронов 2/241; 3/668–671, 697
 энергия 1/561; 2/241
 яды 2/242; 3/670
 Дыхательные аппараты 1/1004; 3/972
 Дыхательные яды 2/242; 3/670
 Дыхательный коэффициент 3/612
 Дьюара (Дж.) бензол 2/366; 5/354
 гексафторбензол 4/67
 комплексы 5/905
 сосуды 1/94

Дьюара (М.)

структуры валентных связей 1/666
теория возмущений орбиталей 3/236
энергия резонанса 1/377
Дьюара-Грисдейла уравнение 2/941
Дьюарта принцип 4/1069, 1070
ДЭАС-сефадекс 2/1145
Дэви реагент 4/1133
ДЭГ, см. *Лауриновая кислота*
Дэпра 1/1029
ДЭТА, репеллент 4/494
Дюгема (Дюэма) правило 2/312
Дюкло-Траубе правило 3/1160, 1161
Дюлонга-Пти закон 3/413; 4/1039
Дюма метод 2/242; 3/168; 4/159
Дю Нун метод 3/1171
Дюпре уравнение 4/729
Дюрамиды 3/472
Дюранданы 2/1095
Дюрер 2/596
Дютрал 5/993
Дюфура эффект 4/831, 1067

Е

Европий 2/243; 4/584; 5/937. См. также *Лантаноиды, Редкоземельные элементы*

арсениды 1/384
бромиды 4/437
гидроксид 2/243
дицирид 1/1081
нитрат 2/243
оксиды 2/243; 4/438
определение 1/763
органические соединения 2/243, 244, 1147, 1148; 4/68, 605
ортованадат 1/672
получение 1/875; 2/546; 4/435, 571
применение 2/244, 1226, 1227
свойства 2/243; 3/957, 958, 961; 4/432-435; 5/446
селениды 4/618
силициды 4/685
сульфат 2/243, 244; 4/435
фтораммониевые комплексы 2/243
фториды 2/243; 4/436
хлориды 2/243, 244; 4/437
цианиды 5/703

Европий 2/375

Единицы(а)

длины молекул нуклеиновых кислот 3/587
измерения и размерность физических величин 3/1181
– радиоактивности 4/317
переноса, высота и числа 2/1306
СИ, см. *Международная система единиц*
третичная 5/3
Едкие щелочи 5/796
Еловое масло 5/438
Емкостные устройства 2/160, 161, 1284; 4/401; 5/90-92, 191, 717, 718
Емкость
ионообменная 1/771, 772; 2/231, 504, 519
слоя двойного электрического 2/3, 429; 5/845
– мономолекулярного 3/260
электродов 5/925
Енаминовый желтый 3/130
Енаминокетоны 1/228
Енамиднитрилы 3/514; 4/1222
Енамины 2/244, 245, 403, 421, 746, 815, 1139; 1/197, 420, 421, 423, 710; 3/276, 408, 982, 1050, 1080; 4/872, 873, 1131, 1134, 1168, 1222, 1227; 5/978
Еидиолы 2/105, 364
1,5-Енин-3-олы 2/965, 966
Енины 2/245, 246, 1103, 1104; 1/713, 714; 3/406, 831; 5/1000

Еновые реакции 2/246, 247; 5/732

Еиновый синтез, см. *Еновые реакции*
Еиолаза 5/953, 954

Еиолизация 1/1203, 1204; 2/105, 244, 245, 247, 248, 642, 741, 742, 968, 1093; 3/267, 932; 4/67, 68, 128, 245, 390, 512; 5/125, 641

Еиоловые эфиры 3/680

Еиопируват-трансфераза 4/1242

Еиофосфаты 1/174

Еиолы 2/247, 86, 105, 106, 112, 248, 268, 449, 745, 1107, 1108, 1211; 1/198, 440, 717, 718, 953; 3/688, 1046; 4/128, 800, 991, 992, 1134, 1205; 5/293, 356, 364, 527, 943
органические анионы, см. *Еиоляти-анионы*
эфиры 1/450, 840; 2/14, 1142; 3/285, 1021

Еиолят-анионы 2/248, 642, 745; 1/198, 225, 744; 4/528, 529
металлов 2/105, 248
– β-дикетонаты 2/109, 110
реактивы Иванова 2/345

Еионы 5/738

Еиофилы 2/246, 247

Еиотиолы 4/1133

Естественные переменные системы 3/883; 4/1071, 1072

Естественные радиоактивные ряды 4/322

Еха метод 5/946

EXAFS-рентгенооскопия 2/191

Ж

Жад 2/222

Жалент 4/681

Жакино выигрыш 5/436

Жалозийные каплеуловители 2/613, 614

Жаропонижающие средства 2/110, 344; 4/561; 5/143

Жаропрочные материалы

керамика 2/903, 1229
композиционные 2/625, 878, 879
сплавы 2/249, 250, 251, 261, 485, 486, 827, 878, 879, 949, 1153, 1250, 1333; 3/241, 244-246, 248, 249, 482, 483, 492, 497, 498; 4/467, 806, 984, 985; 5/618, 766

Жаростойкие сплавы 2/625; 3/482; 4/685

Жасмин-9 2/251

Жасмиальдегид 2/251, 237; 1/487, 1024

Жасмолины 3/1040

Жасмолон 3/1040

Жасмон 2/251, 106, 237, 747

Жасмональ 2/251

Жевательные резинки 2/606; 3/884

Желатин(а) 1/322, 362, 624, 625, 644, 1001, 1002, 1135; 2/85, 233, 550, 818, 819, 836, 857, 1078, 1149; 3/126, 159, 440, 711, 818, 993, 1088, 1144; 4/392, 397, 508, 661, 887; 5/63, 128, 150, 223, 318, 319, 321, 323, 325, 330, 331, 333, 453, 950

Желатин-диамиты 2/126; 4/731

Желатиноль 2/1078

Железистая кислота 2/255

Железистая платина 3/1132

Железистые воды 3/170

Железистые охры 1/1141

Железнодорожные смазки 3/1125, 1126

Железная лазурь 2/268, 272, 273, 330, 565, 1148; 3/1011, 1012; 5/703

Железная слюда 2/268, 269; 3/1012

Железные гранаты 1/1185

Железные квасцы 2/729-731

Железные мыла 4/669

Железные стекла 4/835

Железные удобрения 2/269

Железный блеск 2/270

Железный колчедан 2/265; 3/1052, 1053; 4/657, 911

Железный купорос 2/264, 269; 4/904

Железный сурик 2/269, 268, 273, 1296; 1/19; 3/991, 1011, 1012

Железняки 2/254, 269, 606; 3/634

Железо 2/269, 270-273, 578, 789; 1/550, 768, 769; 3/170, 575, 871, 949; 5/54, 936, 937

аквакомплексы 2/933

амальгамы 1/223

аммины 2/272

антимониды 1/331; 3/165

армо 2/271, 273

арсенат 1/382

арсениды 1/383, 384; 3/1053

бромиды 1/614; 2/272; 3/26, 354

ванадаты 1/671, 672

гемовое 2/242

германат 1/1035

германиевый гранат 1/1035

гидриды 1/1081; 2/272

гидроксиды 1/289, 675, 770, 772, 773, 901, 1182; 2/253-255, 271, 273, 274; 3/584, 868; 4/711, 746, 904; 5/298

гидрокарбонат 1/772; 2/272

гидроксокомплекс 1/1099

гидросульфат 2/566; 3/1227

губчатое 2/251, 263, 272, 569

ДТПА 2/269

жидкое 2/271

и 1,10-фенантролины 2/450

интеркалаты 2/477

интерметаллиды 1/1037; 2/272, 477, 479-481, 483, 485, 486, 1240, 1242, 1243; 3/75, 165; 5/162

иодиды 2/568; 3/356

ионные ассоциаты 2/84

как загрязнитель среды 3/849

как кофермент 3/624

как метаболит 1/483, 484

как микроэлемент 2/269

карбиды 2/255, 256, 260, 485, 624, 625; 3/165

карбонат 1/773; 2/272, 349, 637, 639; 3/634

карбонилы 2/252, 69, 83, 84, 97, 98, 100, 253, 257, 274-277, 363, 629, 640-642; 1/379, 649, 794, 795, 920, 927, 928, 935; 3/477; 4/501, 947, 1270; 5/225, 332, 721, 734

кластеры 2/794-797; 5/162

кобальтат 2/672

комплексонат 2/269, 872

кричное 2/273

метеоритное 2/270; 3/95

молибдаты 1/1057; 2/665, 672; 3/241, 242

монокристаллы 3/500

наводороживание 2/232

негемовое 2/242

негеминное 1/1150

нитраты 2/253, 254, 677; 1/1079; 3/504, 577

нитриды 2/271-273; 3/509

оксалат 2/254, 272, 669; 4/816

оксидирование 3/695

оксиды 2/254, 48, 253, 255, 256, 258, 263, 270, 271, 663, 690, 952; 1/786, 833, 1141; 3/89, 122, 244, 434, 634, 698, 699, 805, 868, 1011, 1012, 1068, 1069; 4/333, 560, 592, 673, 708, 724, 816, 817, 836, 972, 1057, 1172-1174; 5/223, 298, 552, 904, 925. См. также *Ферриты*

определение 1/120, 284, 336, 380, 505, 615, 670, 745, 990; 2/84, 139, 142, 203, 205, 442, 452, 522, 565, 566, 569, 654, 710, 731, 743, 838,

896, 1219, 1224, 1318; 3/63, 124, 365, 512, 690, 751, 969, 1058; 4/394, 396, 397, 399, 555, 569, 935, 936, 972, 1126, 1146, 1230, 1250; 5/118, 379, 431, 636

органические соединения 2/274, 97, 98, 174, 175, 203, 213, 269, 275-277, 362, 373, 648, 741, 923, 1035, 1078, 1104; 1/166, 364, 365, 433, 486, 1006; 3/62, 83, 84, 537, 539, 713, 735-737, 825, 875, 897, 1018, 1211; 4/51, 96, 97, 816, 935, 1148; 5/417, 456, 663, 721, 935. См. также *Ферроцен*

особо чистое 2/271, 273

оцинкованное 4/601

пассивация 1/315; 2/271; 3/888, 889

пероксиды 3/975, 1198; 4/768

перхлорат 3/990

пикрат 3/1020

пиросульфит 3/1198

питтинги 3/1087

получение 1/672, 674, 977, 1019-1021, 1188; 2/32, 87, 177, 270, 773, 334, 819; 3/4, 89, 95, 412, 636, 698, 1068, 1069, 1193; 4/139, 559-561, 633, 820, 1257; 5/205, 207, 506, 749, 789, 853, 895, 923

применение 1/339; 2/273, 800, 801; 3/71, 911; 5/370, 587, 739, 901, 904, 920

радиохимически чистые препараты 4/335

самородное 2/270; 3/167

сварочное 2/273

свойства 1/412, 833, 869, 907, 965, 1015, 1056; 2/111, 255, 256, 259, 270-272, 282, 320, 322, 334, 384, 639, 664, 665, 667, 668, 670-672, 677, 767, 812, 919, 924, 1096, 1155, 1171, 1250, 1251, 1253; 3/5, 96-99, 147, 175, 325, 409, 432, 439, 527, 553, 559, 561, 565, 575, 577, 956-958, 1092, 1105; 4/24, 114, 115, 567, 573, 746, 813, 816, 916, 973, 980, 1039, 1097, 1102, 1109, 1113, 1133, 1165, 1199, 1266, 1269; 5/12, 16, 20, 49, 56, 85, 116, 124, 133, 142, 164, 166, 271, 277, 363, 455, 651, 683, 771, 772, 833, 929

сесквиоксид 1/832, 901, 1055, 1141, 1182, 1184; 2/12, 253-255, 263, 265, 268, 269, 273, 274, 666, 733, 801, 1225; 3/165, 288, 356, 634, 698, 864, 868, 986, 996, 1012, 1068, 1075, 1079; 4/33, 131, 209, 333, 560, 588, 657, 695, 708, 709, 724, 839, 846, 869, 875, 977, 1173

силикаты 2/587, 962; 3/7; 4/675, 676, 680; 5/407, 408

силициды 2/272; 3/165; 4/684, 685

сплавы 2/255, 249, 250, 252, 256-264, 271, 273, 332, 454, 561, 625, 734, 736, 737, 801, 946-950, 962, 1153, 1240-1243, 1318, 1331-1333; 1/215, 216, 618, 820, 875, 1039; 3/15, 86, 87, 91, 100, 244, 410, 482-486, 492, 695, 889, 890, 1069, 1088, 1132; 4/142, 601, 685, 806, 808, 809, 1057, 1175, 1180, 1181; 5/80, 81, 102, 199, 651, 766, 902, 908, 966

стеарт 1/280; 4/508, 509

сульфаты 2/264, 134, 221, 253, 265, 269, 272, 274, 336, 465, 570, 1053, 1293; 1/341, 537, 668, 675, 770, 833, 901; 3/537, 859, 969, 1054, 1060, 1133; 4/615, 658, 718, 746, 904; 5/453

сульфиды 2/265, 264, 266, 272, 370, 565, 710, 797, 962, 1001; 1/901, 1175; 3/6, 7, 242, 471, 474, 475,

- 1052, 1053; 4/560, 630, 633, 651, 839, 911, 1005, 1023; 5/415
 теллурическое 2/270
 тетрагидротриол 2/272
 тетрафтороборат 5/400
 тиосульфат 2/710
 тиюанат 2/272, 273; 3/64
 питанаты 2/263; 3/1012, 1068; 4/560, 1172, 1183, 1184
 трихлорид 1/431, 440, 505, 674, 715, 717, 742, 770, 940, 947, 988, 1193, 1194; 2/87, 138, 139, 201–204, 267–269, 272, 275, 312, 388, 673, 838; 3/107, 134, 285, 356, 390, 538, 559, 578, 671, 705, 709, 710, 722, 859, 1035, 1045, 1057; 4/393, 448, 569, 718, 746, 924, 1019, 1056, 1096, 1100, 1104–1106, 1116, 1145, 1253, 1269; 5/6, 11, 13, 16, 94, 116, 124, 133, 141, 145, 367, 369, 372, 449, 453, 568, 636, 739, 768, 1012. См. также *Льюиса кислоты*
 уранаты 5/83
 фосфаты 2/266, 267, 1130; 4/941; 5/249–252, 281
 фосфиды 2/272; 3/165; 5/256–258, 284
 фториды 1/341; 2/272; 5/162
 халькогениды 2/443; 3/243, 304
 хелаты 1/397, 571; 3/713; 4/54
 хлориды 2/267, 268, 275, 388; 1/786; 3/26, 506, 751, 1227; 4/757, 1020; 5/165, 735
 хромат 2/672; 3/165; 5/608, 631–633
 цинканы 2/778; 3/576; 5/703
 цинанокомплексы, см. *Калия гексацианоферраты*
 электротехническое 2/1241
Железо-кобальтовые квасцы 2/729–731; 4/640; 5/455, 456
Железо-аммонийоксалат 2/1001
Железобактерии 1/770
Железо-гадолиниевые гранаты 3/777
Железо-иттриевые гранаты 1/1184, 1185; 3/777
Железокальциевые квасцы 2/729, 730
Железо-кобальтант 4/1081
Железо-копаль 4/1081
Железо-магний, силикат-перовскит 3/970
Железомарганцевая латунь 2/1332
Железомарганцевые конкреции 2/273, 270, 820; 1/1021; 4/874
Железо-никелевые источники тока 2/255; 5/487, 488
Железоокисидные пигменты 2/273, 253, 265, 274, 330, 990, 994, 996, 997, 1003, 1014; 1/1208; 3/869, 991, 1011, 1013, 1197; 4/51, 673; 5/563
 природные, см. *Железный сурик, Мумия, Охры*
Железосодовая очистка газов 1/901, 902
Железо-хлорный водородгенирующий цикл 1/786
Железосодоводородные кислоты 2/783; 3/722
Железофузии 2/1078
Желта кровавая соль, см. *Кровавые соли*
Желто-коричневый для кож 1/248
Желтые красители
 анилиновый 5/19
 аурамин 5/649
 «вау» 5/200
 дисперсные, см. *Дисперсные красители*
 для меха Н 3/694
 Ж в К 2/302
 кубовый 1/245
 Маршуса 3/542, 543
 прочный К 2/150
 флавантроиновый 3/1016, 1017
 хинолиновый 1/614; 2/150; 5/535
 зозии 5/957
 Желтый круг 4/444
 Желчегонные средства 2/277, 400; 3/487; 5/203, 520
 Желчные кислоты 2/277, 278, 605; 1/457; 3/624, 786; 4/865, 1119; 5/589
 Желчные пигменты 2/278, 279, 280, 975, 1079; 4/147
 Желчные спирты 2/280, 281; 4/865
 Жель 3/284, 1079
 Жемчужная полимеризация 4/953
 Жениевская номенклатура 3/572
 Женитроны 4/134
 Жерара теория 5/509
 Жерарриды 4/652, 653
 Жернова 2/354–356
 «Жесткие» и «мягкие» кислоты и основания, принцип 2/281, 282, 779, 930, 931; 1/225
 «Жесткие» каучуки 1/630, 636
 Жесткие молекулы 3/391–393
 Жесткие фильтры 1/899
 Жесткий ротор 1/926
 «Жестко-жесткие» взаимодействия 2/281, 282
 Жесткость воды 2/282, 283, 521, 637; 1/769, 771, 772; 3/39, 367, 511
 Жесткость материалов 3/144–146
 Жесткокопные полимеры 1/287, 288; 2/1265, 1266; 3/808, 809, 1120, 1209, 1215, 1219; 4/371; 5/226, 229, 235
 Жесть 1/976; 3/758
 Жзена магния 2/511, 1233, 1246–1248. См. также *Магния оксид*
 «Жзены» квасцы 2/730
 Жзений сахар 3/1089
 Жзивица 2/283, 284, 602, 802, 1165; 4/660, 714, 739–741, 1092
 Жзивичная каифоль 2/602, 1165
 Жзивичный скипидар 4/714
 Жзивое вещество 1/553, 554, 1019; 2/963; 3/161
 Жзивотные жиры, см. *Жиры*
 Жзивотные клеи 2/802; 5/223
 Жзивучие полимеры 1/309; 2/285, 673, 698, 1088; 3/1113, 1114. См. также *Анионная полимеризация*
 Жзидкие материалы
 каучуки 2/284, 285, 286, 631, 705, 1014; 1/632, 646, 647, 1044; 3/743, 750, 1121; 4/41, 42, 55, 57
 кристаллы 2/286, 153, 191, 287–289, 299, 453, 1060, 1069, 1072, 1186; 1/393, 411; 3/182, 185, 784, 1120, 1209, 1213, 1216; 4/23, 24, 65, 868; 5/100–104, 538, 884
 магнитные 2/1243, 1244
 мембраны 3/53, 39, 54; 2/521, 522, 1300
 металлы 2/299, 300, 1243
 смазки 2/901
 стекло 4/834, 673, 680, 699, 726; 1/458; 2/705, 801, 802, 982, 1241, 1319; 3/361; 5/208
 топлива 1/1086; 2/844, 1165; 3/278; 4/342, 580, 597, 701–706; 3/278
 удобрения 2/290, 869, 870; 1/277, 278; 3/172; 5/54, 287
 Жзидко-жзидко-твздофазная хроматография 5/621
 Жзидко-жзидкофазная хроматография 5/621
 Жзидкокристаллическое состояние 2/1060; 3/1093
 жзидного бзисла 2/1186; 3/50, 51
 полимеров 2/286, 289, 1266; 3/1120, 1209, 1213, 1216; 4/371; 5/232, 237
 Жзидкости(ы) 2/299. См. также *Расстворы*
- агезия 1/35–38; 3/1173
 амортизаторные 1/286; 4/1113, 1114
 анализаторы 2/290, 291–293, 712.
 См. также *Жзидкостная хроматография*
 анизотропия 1/305
 антиобденительные 4/1113
 ассоциированные 2/299–301
 бозе 1/1003
 бордская 2/587, 1334
 Вакенродера 4/657
 влажность 1/753–756
 вязкость 1/871–873, 1215, 1218; 3/144. См. также *Взкозиметрия*
 вязкоупругость 4/484–486
 «газо- и твздоподобные» области 2/302
 гидравлические 1/1068, 1135; 2/212, 660; 3/446, 466; 4/31, 491, 1113, 1114, 1250; 5/15, 410, 985
 гидротормозные 2/212
 гидрофобные взаимодействия 1/1111, 1112
 горение 1/1169, 1170
 горючесть 1/1176
 давление 1/1215–1219
 движение, см. *Гидромеханические процессы, Диффузия, Насосы, Переноса процессы*
 детоация 2/46, 47
 диаграммы состояний 1/923; 2/55–64, 299
 диспергирование 2/145, 146
 дозирование 2/217–219
 задержка 4/986
 закалочные 4/31; 5/985
 изотропные 2/1072
 иммерсионные 2/421; 3/776; 4/514
 «исключенный объем», см. *Лиофильность и лиофобность*
 ионизация, см. *Ионизация, Ионы*
 испарительное охлаждение 2/542, 543
 как гетерогенные системы 1/1049
 как иониты 2/519
 как расплавы 4/345
 калориметрическая 2/574
 капиллярные явления 2/611, 608, 612, 613
 квазихимические модели 2/301
 квантовые 1/1003; 2/299, 300; 5/103
 Клеричи 4/975
 когезия 2/833, 834
 кремнийорганические 2/1010, 363, 880, 981, 1011, 1012, 1018; 1/789; 3/744, 807; 4/51, 1050, 1079; 5/962
 критическое состояние 2/299, 1072–1077
 легковоспламеняющиеся 3/1187–1189
 магнитные 2/1243, 1244; 3/634; 4/492; 5/164. См. также *Омагничивание водных систем*
 максвелловские 4/484, 490
 мейнски 2/611, 612
 метастабильные 2/299, 761
 механические свойства 1/1215; 2/54, 55; 3/144; 4/664
 мозольная 4/569
 молекулярные 2/300; 3/208, 427; 5/860
 иеньтоновские 1/728, 729, 872; 3/947; 4/138, 484, 486, 487; 5/41
 иормальные 2/299, 302
 ньютонские 1/729, 872; 3/946–948; 4/485, 487; 5/41
 оптическая активность 3/772, 773
 охлаждающие 4/1113
 переохлажденные 2/299
 плотность 1/1215; 2/299, 1072; 3/1145, 1146. См. также *Плотномеры*
- поверхностное натяжение 3/1159–1163, 1170–1172
 полимерные 2/300
 полярные 2/300, 302
 промывочные 4/1113, 1114
 простые 2/300–302
 пусковые 4/1113, 1114
 разделительные 4/1113, 1114
 распыливание 2/146
 растворимость взаимная 4/356, 357 – газы 1/924
 расходомеры 4/384–387
 реагирующие 2/300
 реакции 4/414–416. См. также *Реакции в растворах*
 – влияние среды 2/302. См. также *Клетки эффект*
 – двухквантовые 2/5
 – молекулярность 1/548; 3/258
 – электронов 2/5; 4/410
 – элементарные акты 2/124–126
 релаксация 1/287; 4/463
 реология 4/483–492
 решеточные теории 2/301; 4/368, 829, 831
 синергетическая 4/888, 889
 смазочно-охлаждающие 4/725, 726, 728, 976, 1113; 2/146, 858, 861; 3/84–86, 378, 466; 5/25, 949
 смачивание 2/607, 608
 сольватация 4/747, 748–751; 2/302. См. также *Гидратация, Растворы электролитов*
 статистическая теория 2/300–302
 сферондальные 2/762
 телескопический сдвиг 1/729
 теплоемкость 4/1039, 1040, 1086
 теплопроводность 4/1043
 технические 4/1113, 1114
 тормозные 1/650, 1068; 2/627; 4/31, 199
 уровенмеры 5/88–91
 фелингова 5/114
 ферми 1/1003
 электроизоляционные 1/487; 2/363
 этиловая 5/994, 568; 1/327, 500; 3/278
- Жзидкостная** хроматография 2/293, 294–299, 916, 1158; 1/475, 1067; 3/231, 749, 798; 4/514; 5/172, 620, 621
 абсорбиционная 2/294, 297; 3/459
 аффинная 1/416, 32, 42, 417, 418, 475; 2/295, 463, 1163, 1164; 3/599; 4/1011; 5/160, 621
 биоспецифическая 1/416–418
 бумажная, см. *Бумажная хроматография*
 высокого давления 4/294
 высокоэффективная 2/294, 298; 3/929, 934, 1096; 5/23, 35, 245, 246, 425
 вытеснительная 5/628, 630
 гель-проницающая 2/295; 5/813, 817
 гель-фильтрационная 2/295; 5/813, 817
 гидродинамическая 2/294
 гидрофобная 1/418; 2/297
 градиентная 2/297, 298
 детекторы 2/44, 45
 изократическая 2/298
 иммуносорбиционная 1/417
 ионная 2/506, 295, 507
 ионообменная, см. *Ионообменная хроматография*
 ион-парная 2/297, 519
 капиллярная 2/294, 609, 610; 3/817, 818
 ковалентная 1/417, 418
 колончатая 2/293, 294, 298; 3/817, 818; 5/425

лигандообменная 2/1171, 295, 297, 1172; 1/418, 625; 3/460; 4/392, 424
осадочная 3/817, 818; 1/625; 2/294
плоскостная 3/817, 818
по сродству 2/416–418
препаративная 2/294, 298
распределительная 2/294
реакционное детектирование 4/424
ситуация 2/294, 295; 5/812–817
твердофазная 5/621
тонкослойная, см. *Тонкослойная хроматография*
химическая дериватизация 4/424
эксклюзионная 5/812, 426, 621, 813–817; 2/45, 294–296
экстракционная 2/87, 294; 3/57; 5/160
Жидкостная экстракция, см. Экстракция жидкостная
Жидкостные устройства
вакуумметры 1/661, 662
газоанализаторы 1/891
калориметры 2/574, 575
компрессоры 2/883, 884, 886
лазеры 2/431, 1118, 1119, 1125; 3/676
манометры 2/1281, 1282
насосы 3/339–343
спинтиллиционные детекторы 4/329, 330
Жидкофазные реакции, см. Жидкости, Растворы
Жизка 3/1059, 1060
«Жизненная сила» 3/281, 785
Жизнеспособность композитов 2/286
«Жирная» известь 2/350
Жирно-ароматические соединения 1/373, 375, 869, 874, 953, 957, 1083, 1180; 2/17, 68, 70, 210, 211, 237, 787, 809, 810, 899, 900, 1080, 1109; 3/32, 254, 498, 530, 531; 4/865
Жирного ряда соединения, см. Алифатические соединения, Жирные кислоты, Жирные спирты
Жирность 5/73
Жирные кислоты
высшие, см. *Высшие жирные кислоты*
гиполипидемические средства 1/1118, 1119
жиров 2/302–306
ископаемых остатков 3/871
как ингибиторы ферментов 1/1136
как модификаторы 3/445
липидные, см. *Липиды*
липопептидов 2/1195
метаболизм 3/617, 618, 621, 623, 625, 1096
насыщенные 1/1085; 2/303–306, 602
натурального каучука 2/703
незаменимые 3/395, 396, 397; 1/863–865; 4/382
ненасыщенные 1/1085, 1118, 1119; 2/303–306, 602
оксикаламиды 3/685, 686; 4/699
оксигенированные 3/717, 718, 1165, 1169; 5/950
осмола 3/826
полиморфизм 2/306
полиненасыщенные 1/1085; 2/1194; 4/211
получение 1/1146; 2/1177; 3/470, 884, 1144; 4/383, 1119, 1259–1262
послабляющее действие 4/721
разветвленные 4/1027
растительных масел 2/1215; 3/1186; 4/377, 378, 382
свойства 3/1186; 4/377, 378
свойства 1/151, 152, 863, 864, 1142, 1143; 3/377, 668, 897; 4/1241
синтез 3/878

синтетические 1/862–865; 3/717; 4/400, 580, 696, 697
соли, см. *Мыла*
технические 4/400
этаноламиды 5/973, 974
эферы 2/654, 655; 3/717, 728; 4/699
Жирные спирты 3/993, 1144
высшие 1/865, 866, 867, 998; 2/27, 210; 3/78, 450, 922; 4/804, 907
двухатомные, см. *Гликоли*
одноатомные 2/865–867. См. также *Спирты*
Жирные угли 2/597
Жирный газ 2/680, 682
Жирование кож и шкур 1/139; 2/15, 236, 836; 4/919
Жировик 4/977
Жировое обогащение полезных ископаемых 3/636
Жирообразимые соединения
витамины 1/740, 741, 745–748, 750–752
красители 2/302, 79, 462, 944, 976, 977, 980, 995, 1001, 1002; 1/352, 353, 367, 944; 3/471, 472; 4/17, 18, 840
лекарственные средства 5/109
Жиры 2/302, 303, 304; 1/1146
анализ 2/306, 770
бараний 2/303, 307, 308; 3/302, 395
биологическая роль 2/305
в гликоксилатном цикле 1/1143
водные фармацевтические составы 3/127
ворвань 2/309
выгонка 2/307–309
гидрогенизация 1/1085, 1083; 2/305, 309; 4/383
говяжий 2/85, 303, 304, 307–309; 3/302, 395, 730; 5/1005
животные 2/306, 83, 307–309, 646; 1/865; 3/302, 303, 395, 730, 764, 876, 1088; 4/172, 382, 833; 5/551
жидкие 2/498
запасные 1/1142; 2/305
как присадки 4/172
кашалотовый 1/866
китовый 1/513, 1085; 2/307–309; 3/302
коиский 2/307, 308
костный 2/307, 308
лиофильность и лиофобность 2/1181
метаболизм 3/163
молочные 2/307, 308, 616. См. также *Молоко*
мускусные 3/290
омыление, число 3/764
отбеливание 2/569
пищевые 1/1144, 1146; 4/383
плазматические 2/305
прогорание 2/305; 3/897
растительные, см. *Растительные масла*
рафинирование 4/743
свиной 2/303, 304, 307, 308; 3/302, 395, 730; 4/172; 5/1005
сельди 2/307, 308
свойства 1/1083, 1100; 2/303, 304, 307–309
соапсток 4/743
твердые 2/498
тресковый 2/307, 308; 3/302, 395, 730
тюлений 2/307, 308
экстракция 2/309; 3/114
элаидирование 2/305
эмульгирование 2/278
ЖКУ, удобрения 2/290
ЖМКО-принцип 2/281, 282
Желотит 3/566
Журналы химические, см. Химические журналы
Жюрене уравнение 2/612

Загорание, сигнализаторы 4/666, 667, 1080; 3/1190
Загрязнение окружающей среды 3/1194
Загустители 1/35, 64, 789; 2/799, 1095, 1097, 1278; 3/127, 303, 304, 325, 326, 378, 719, 993, 1088, 1122–1127, 1227; 4/85, 91, 162, 725, 833, 1115, 1116; 5/39, 668, 693
как присадки, см. *Загущающие присадки*
Загущающие присадки 3/277, 1245; 4/173, 1115, 1237
Загущенные масла 2/310
Задержка жидкости 4/986
Задыхаемость, см. Пожарная опасность
Зажигание 1/828–830, 1164, 1175–1177; 2/1259; 3/1187–1189; 4/575
составы, см. *Зажигательные составы*
Зажигательные составы 2/310, 1235
напалм 3/325, 326
термит 4/1056, 1057
Зайтел 101 3/1238, 1239
Зайцева
правило 2/310, 11, 14, 311; 3/786; 5/939
реакция 5/757
Зайцева–Вагнера правило 2/311, 312, 1293; 5/907
Закалка
металлов и сплавов 2/259–262; 3/94, 249, 357, 497, 505, 808
плазмодуриков 3/1100
пластмасс 3/1120
стекло 4/836
твердых растворов 4/1007
Закалочено-испарительные аппараты 3/1008, 1064
Закалочные жидкости 4/31; 5/985
Закон(ы)
Авогадро 1/17, 988; 3/413; 4/866
альтернирующей полярности 4/420
Архимеда 1/700; 3/1146, 1147
Бера 1/3; 2/861
Бертло–Нериста 4/357; 5/101, 826
Бю 3/772
Бойля–Мариотта 1/573, 662, 924, 988
Бутера–Ламберта 1/3
Бутера–Ламберта–Бера 1/4, 408; 4/785, 1033; 5/66, 173, 334, 645
Бунзена–Роско 5/329
Вавилова 2/1222
Вант-Гоффа 4/365, 372, 373, 388; 5/857
Видемана–Франца 3/97, 98
возрастания энтропии 1/839, 840
Вревского 1/837, 66
Гаюи 2/1065
Гей-Люссака 1/988, 924; 3/413; 4/866; 5/508
Генри 1/1014, 5, 55, 126, 127, 1015; 2/1254, 1305; 4/356, 365, 388; 5/101
геохимический основной 1/1018; 2/789
Гесса 1/1046; 3/413; 4/1037, 1085; 5/464, 466, 509
Гиббса–Коновалова 2/899
Гольдшмидта 2/789
Грассмана 5/652
Гроттуса 5/357
Гука 1/1212; 2/54; 3/145, 219; 4/484, 486, 847, 994
Гульберга–Баге 3/413; 5/509
Дальтона 1/1221; 3/413; 5/508
Дарси 1/1106; 2/1257; 5/183
Дарси–Вейсбаха 5/674
Дебая 4/1039

Дебая–Хюккеля 2/7
действующих масс 2/22, 23, 688, 691, 753–755, 901, 902; 1/1014, 1049; 3/413; 4/149, 187, 1070; 5/72, 465, 509, 856
– поверхностей 2/688, 689
диссипации 3/645
Долова–Пти 3/413; 4/1039
капиллярного подъема жидкости 3/1171, 1174
квантовой эквивалентности 5/397, 682
Кельвина 2/612; 3/1170
Кларка–Вернадского 2/789
Кольрауша 2/864; 5/899, 923
Коновалова 2/899; 1/66; 5/176
Кулсона–Лоинге–Хиттинса 4/420
кратных отношений 2/984; 3/413; 4/866
Кулона 3/145
Кюри 2/766, 1237; 3/881, 882
Кюри–Вейса 2/1238; 3/881
Лапласа 2/611; 3/1170, 1171
Ломоносова 3/412; 4/772, 773, 866; 5/106, 508
Ломоносова–Лавуазье 3/412
Максвелла 3/1094; 4/827, 830
Мозли 3/955
накопления погрешностей анализа 3/137
Ньютона 2/574; 3/947, 948; 5/30
Ньютона–Стокса 4/484, 485
объемных отношений 5/508
Ома 4/1067
Онсагера 4/1067, 1068
Оствальда – Де Вилла 4/487
периодический Менделеева 3/963, 412, 413, 955; 5/508
Планка 3/1094; 4/1030
постоянства состава 4/150, 866; 3/413; 5/508, 515
Прюста 3/413; 4/150, 866; 5/508, 515
равнораспределения теплоемкости 1/925
разведения Оствальда 5/856, 857, 900
распределения компонентов между фазами 5/101, 102
– результатов анализа 3/137, 138
Рауля 4/387, 364, 365, 372, 388; 1/5, 1014; 3/216, 828; 5/101, 465, 857
регулярирования, см. *Автоматизированное управление*
соответственных состояний 4/762, 763, 1040; 1/727; 2/299; 5/71
сопротивления движению 1/1106
сохранения барнионного заряда 5/102
– массы 4/772, 773, 866; 3/412; 5/106, 508
– энергии 4/772, 773, 825; 1/1046. См. также *Гесса закон, Первое начало термодинамики*
Стеюна (Стею) 2/1065
Стефана–Больцмана 4/1030, 1047
Стокса 2/1221; 5/674
термехимия основной 1/1046
Трутона 1/729; 4/485
устойчивого равновесия систем 3/936
Фарадея 5/106, 107, 854, 895, 921, 922; 1/314; 2/1097; 3/413
Фика 2/126, 192, 195–197, 514; 3/842, 947, 948; 4/1067
Фурье 3/947, 948; 4/1043, 1053, 1067; 5/30
Хапоулюса–Кинана–Хейвуда 3/936
Хюпинга 2/1254; 4/762; 5/102
Штарка–Эйнштейна 5/682
Щукарева 2/1301
эквивалентов 4/866; 5/508, 802
Юнга 1/36; 3/1170; 4/729
Закрепители 2/990, 993; 4/1012, 1013
в фотографии 4/1149

- Закртытые системы 2/312; 1/762; 5/505
агрегация структурных элементов 4/1063
и изолированные системы 2/312, 362
квазистационарные реакции 2/715
самопроизвольные процессы 1/839, 840. См. также *Обратимые и необратимые процессы*
термодинамическое равновесие 4/1073
цикл измеления 2/351
Заливка, метод формирования 4/10
Залповые выбросы 3/853
Замаски 2/312, 376, 572, 776, 1319; 1/19, 657, 871, 1045, 1046; 4/1205; 5/69, 407, 431
Замаскиватели 2/312; 3/718; 4/49, 50, 88, 770, 847, 1012, 1116. См. также *Текстильно-вспомогательные вещества*
Замедленного разряда теория, см. *Электростатическая кинетика*
Замедленное коксование 2/841, 843, 844; 4/1059–1061
Замедлители
вулканизации 1/847
нейтронов 2/25; 3/401–403; 5/33
Замесительная номенклатура 3/574, 575
Замесительная номенклатура 3/572–574
Замесения реакции 2/313, 135, 275, 276, 314, 418, 620, 621, 628, 716, 732, 747, 795, 888, 889, 931, 932, 1025; 1/106, 149, 150, 243, 373, 375, 512, 567, 654, 655, 659, 660, 1158; 3/28, 31, 315, 317; 4/415, 1107, 1117; 5/493, 494, 647–649
азосочетание 2/314; 3/710
алкилирование 1/149
алкилирование 1/1074; 2/90, 95, 314, 409, 456, 745; 4/66; 5/131, 132, 141, 367, 907
аллильное, см. *Аллильное замещение*
аллирование 3/384. См. также *Аллы*
аллиметилирование 3/709, 710
аллирование 1/365, 366, 654, 655; 2/314; 4/1157
аллирование 1/442; 2/456; 5/721
алликозидирование 2/732
аллирование, см. *Аллирование*
Бальда–Шимана 2/534
бисмолекулярные 2/313, 931, 932, 939–941, 983; 3/602; 5/904
бромирование 1/824, 825; 3/384, 739; 5/131, 132
в алкилационном ряду 5/904, 905
в ароматическом ряду 2/533–535, 752, 753; 3/1022; 4/416, 417, 553, 1017, 1018; 5/905–907
в звуковых полях 5/60
в растворах 4/407, 411
иселение защитных групп 2/325, 326
азимовляющие лигандов 2/1170
азимовляющие 1/182
Виттига, см. *Виттига реакция*
азимовляющие 3/332
азимовляющие 2/651
азимовляющие 1/182, 604; 3/555; 5/274, 275
галогенирование 1/952–954, 956; 2/90, 95, 409, 441, 456, 651, 745, 943; 3/9, 10, 28, 101, 387, 710, 951, 1054; 4/66, 1053, 1055, 1156, 1201, 1202; 5/21, 141, 428, 907
гидролиз 2/941; 3/186
Гомберга–Бахмана–Хей 4/1157
гидролизирование 2/5, 6
гидролизирование 2/10
гидратация 2/11; 3/186
гидрирование 2/16, 17
дейтерирование 2/25, 26, 943; 4/1156; 5/635
десульфирование 2/41
димеризация 2/313
динамическая стереохимия 2/128–131, 913; 3/313; 4/554
Зандмейера, см. *Зандмейера реакция*
и химическая номенклатура 3/572
изомеризация 5/904, 905
изотопные 2/385–387, 758, 759, 855; 4/1117; 5/905
ионные 3/580
ипсо-превращения 2/533, 314, 534, 535, 753
карбоксилирование 2/95
катионная полимеризация 2/698
кине-превращения 2/752, 753; 3/547
конденсация, см. *Конденсация (реакции)*
Коновалова 2/899, 900
корреляционные соотношения 2/940, 941
кросс-сочетание 2/889
Манниха 3/1022
межфазный катализ 3/24
меркурирование 3/28; 4/553, 554; 5/428, 635, 721
металлирование 3/72, 73; 2/90; 4/621, 1026, 1117
метилирование 3/384; 4/1198
молекулярность 3/221
мономолекулярные 3/602, 603; 5/904
нитрование 2/90, 314, 439, 456, 534, 940; 3/28, 101, 384, 387, 526, 534, 551–555, 710, 951; 4/66, 1156, 1201; 5/128, 905
нитрозирование 2/943; 3/710; 5/21, 905
нуклеофильные 1/182, 373, 374, 659, 711, 961, 962, 994, 995; 2/381, 406, 412, 533, 534, 598–600, 640, 732, 745, 906, 931, 932, 940, 941, 983, 1021; 3/24, 140, 186, 268, 269, 384, 547, 551–553, 555, 601–604, 721, 736, 762, 936–939, 978, 1033, 1045, 1046, 1073; 4/66, 146, 273, 311, 417, 420–422, 727–729, 802, 859, 905, 913, 924, 1017, 1099, 1117, 1157; 5/8, 11, 37, 115, 131, 132, 141, 145, 225, 274, 275, 373, 584, 642, 778
обменные 5/904, 905
одноэлектронный перенос 2/313; 5/339
окислительно-восстановительные 2/314, 651
перекислирование 3/936
переманирование 3/937
перегалогенирование 3/938
перегруппировки камфеновые 2/598–600
– Смайла 2/534; 4/728, 729
– Стивенса 5/905
поликоиденсация 2/889
правило Инголда 2/128
присоединение 5/428
протодесульфирование 2/534
протоирирование 4/244; 5/424, 907
протофильные 4/1157
радикальные 1/183, 993, 995; 2/5, 128, 313, 534, 535, 651, 831; 3/101, 180, 1062; 4/67, 303, 311, 312, 1157
с гетеролизом, см. *Гетеролизические реакции*
с гомолизом, см. *Гомолизические реакции*
с замыканием цикла, см. *Циклизация*
с обращением конфигурации 3/268
силилирование 2/1021
сульфирование 2/90, 314, 441, 456; 3/28, 387, 526, 1054; 4/66, 917, 1055, 1201; 5/132, 141, 428
сульфоокисление 3/101
сульфохлорирование 3/101
теле-превращения 4/1017, 1018
терминальные 5/439
тилирование 2/745
транс-эффект 3/736
у асимметрического атома С 2/313, 906
ферментативные 2/969
Финкельштайна 5/195
формилирование 2/90, 95; 4/1026, 1156, 1157; 5/224
фотохимические 3/737; 5/339
Фриделя–Крафца 5/367, 905
Фриса 5/905
Фрича–Бутенбергера–Вихелля 5/373
фторирование 5/391
фторосодержащих кислот, см. *Фосфорилирование*
хлорирование 3/526; 5/906
хлорметилирование 2/90; 5/721
цианирование 2/943; 5/704
Чичибабина, см. *Чичибабина реакция*
электрофильные 1/709; 2/439, 441, 456, 497, 618, 620, 628, 642, 651, 858, 943, 1021; 3/28, 84, 116, 140, 371, 384, 387, 519, 526, 534, 535, 547, 555, 710, 722, 1022, 1033, 1045, 1073, 1078; 4/43, 66, 146, 273, 420, 468, 553, 554, 913, 917, 1099, 1156, 1198, 1201; 5/11, 21, 131, 132, 141, 224, 367, 373, 376, 428, 523, 721, 903–907
электрохимические 5/903
эпимеризация 3/268
Замесения твердые растворы 2/256, 1077; 4/994, 1004–1006
Замкнутоячеистые пластмассы 3/901, 902, 904, 906, 909
Замкнутые системы 2/351, 361, 362, 672, 690. См. также *Изолированные системы*
Замороженные состояния 2/1027; 3/859; 4/301, 411, 414, 842, 843, 847, 1035; 5/350, 446, 871
Замша 2/235; 3/1237, 1244
Зандмейера реакция 2/315, 17, 73, 75, 90, 202, 347, 534; 1/374, 517, 680, 945, 948, 954; 3/516, 558; 4/1128, 1146, 1166; 5/11, 381, 568, 583
Занятые орбитали 3/233, 234
Заспанные белки 1/470; 2/559; 4/190, 191
Запах
интеисификаторы 3/1090
поглотители 2/19
пороговая концентрация 2/238
теория 2/238
фиксаторы 5/660
Запекание 3/382; 5/382, 385
Заполнители 3/328
Заполнители 4/653
Запрещенные зоны 4/103–105, 110, 995, 996
Зарин 2/315, 9, 316; 1/346, 435, 1098; 3/842–847; 5/1045
Зародышеобразование, см. *Зарождение новой фазы*
Зарождение
новой фазы 2/316, 154, 317–320, 611, 755, 760–762, 859–861, 890, 1047; 3/334, 335, 818, 819, 1162, 1171–1173; 4/132, 351, 352, 356, 360, 761, 1063, 1216, 1217; 5/100, 101, 516, 851–853
трещин 2/52. См. также *Коррозия под напряжением, Растрескивание*
цепей 2/755. См. также *Цепные реакции*
Заряд(ы)
асимметрия в системе, см. *Дипольные моменты*
атомов 1/665; 3/235; 4/471; 5/875. См. также *Степень окисления, Эффективный заряд атома*
барионный 5/931, 1020
ВВ 2/47, 467
лептоный 5/930, 931
иосители в полупроводниках 4/103–108; 5/742
нулевой, потенциал 4/153, 154; 2/2, 3, 408, 429; 5/106, 839, 922
перенос, комплексы 3/17, 19, 224, 225; 5/745
плотность, см. *Электронная плотность*
число, см. *Зарядовое число*
электронов 2/143; 3/235; 5/868
ядра и периодическая система элементов 3/604, 605, 955–962; 4/471; 5/897
Зарядовое число 2/320, 513, 521; 3/47, 431, 1086; 5/499
Застудивание 1/1001
Заспка, метод формирования 4/12
Затвердевание
и плавление 4/890
точки на температурной шкале 4/1077
Затворение 1/870, 871; 5/670
Затворы жидкостные 3/945
Затененные выбросы 3/853
Затравки
для выращивания монокристаллов 2/223; 3/254–256
для расщепления рацематов 4/391, 392
для репликации 4/496, 497
для секвенирования 3/589
для ускорения осаждения 3/819
Захват электронов 2/5
при ионизации 2/528, 529, 1310
при β -распаде 4/315, 316
центры 5/678
Захлебывание аппаратов 3/1142
Захоронение радиоактивных отходов 4/320–322
Защелачивание эффект, см. *Пылеулавливание*
Защита
легкоокисляющихся на воздухе соединений 2/799
одежда, см. *Защитная одежда*
органов дыхания (лица, глаз), см. *Противогазы*
от коррозии 2/320, 321–323; 3/16, 274, 1179, 1180; 5/367
– ингибиторы 2/434, 435, 436
– катодная и протекторная 1/1208; 2/322, 323, 435, 436, 947, 949, 950; 4/1007; 5/753. См. также *Электростатическая защита*
– материалы, см. *Коррозионностойкие материалы*
– потенциостатическая 5/907
от статического электричества 3/1189
противопожарная 3/1190, 1191
радиационная 4/288, 289, 335, 1139; 1/336; 2/503
реакционных центров, см. *Защитные группы*
«Защита», дезактиватор 2/15
Защитная одежда 2/323, 16, 324, 325; 3/847, 867, 868; 4/288, 319; 5/501
Защитные группы 2/325, 16, 326, 787; 1/422; 3/101, 133, 268, 506, 530, 590–593, 749, 791, 793, 805, 929–934, 1038; 4/682, 1192, 1198; 5/1, 224

Защитные покрытия 5/333, 334, 340, 341, 503, 760, 913
 антикоррозионные (изолирующие)
 1/973–976; 2/322, 323, 949, 950;
 3/1179, 1180
 горячие 2/950
 декоративные, см. *Декоративные материалы*
 нитерметаллидные 2/486
 лакокрасочные, см. *Лакокрасочные покрытия*
 огнестойкие, см. *Огнезащита, Огнестойкость*
 полимерные 3/86, 87, 445, 1228
 пористые анодные оксидные 5/913
 удаляемые 3/1228
 Защитные присадки 4/173, 400, 439, 726
 Защитный газ 2/326, 327; 1/798
 Завязтектонидные стали 2/258, 259, 261
 Звенья
 мономерные, число в макромолекуле 3/1266. См. также *Степень полимеризации*
 различные при поликонденсации 3/1255
 соседние, эффект 3/1263
 Звук, дисперсия скорости 1/135
 Звуковая химия, см. *Инфракрасные аппараты, Ультразвук в химии*
 Звуковой ветер 5/61
 Звукопоглощающие материалы 2/327, 328, 1129; 3/907, 1234, 1237, 1245; 4/772, 834, 847, 1223; 5/307
 Злаиовского правило 4/375, 376
 Зеаксаитин 2/972
 Зеараленал 3/152–154
 Зеараленин 3/152–155
 Зеатины 5/768, 769
 Зебека эффект 4/1067
 Зеема эффект 2/328, 143, 329, 330, 1239, 1245; 1/407, 409; 3/158, 209; 4/798; 5/107, 108, 457, 458, 886, 889
 Зеин 5/121
 Зейгера конус 3/649
 Зейгерование 4/951
 «Зеленое» мыло 3/304
 Зеленые пигменты 2/320; 3/1011
 Зеленые удобрения 3/789; 5/54
 Зеленый(и) 3/537. См. также *Хлорофиллы*
 Биндшеллера 3/675; 5/530
 Гинье 2/408, 409; 3/1011; 5/615
 древесная 2/1165, 1166
 изумрудная 2/408, 409; 3/1011; 5/615
 касселева 1/458, 463; 2/1278
 малахитовая, см. *Малахитовый зеленый*
 марганцовая 1/458, 463; 2/1278
 парижская 1/383; 2/1329
 Ринмана 5/748
 смешанные 2/330; 3/1011
 фталоцианиновые 2/997, 1003; 4/673; 5/382, 384, 385
 швейфуртская 1/383
 Шееле 1/383
 Зелинского–Сталникова реакция 2/330; 5/793
 Зелинского–Штреккера реакция 1/391
 Зельдовича уравнение 1/56
 Зельдовича – Франк-Каменецкого уравнение 1/1167
 Земля(и)
 лантаиновая 2/1146
 отбеливающая 3/837, 838, 967, 968; 1/487; 2/903; 4/612, 649; 5/186
 редкие 2/1242, 1243; 4/436; 5/696
 фуллерова 1/525; 3/837, 838
 Зеитит 1/934
 Зенкор 1/1033
 Зеркало(а) 1/424, 936
 «алхимии» 1/199

барьерное 1/459
 металлическое 1/364, 1063
 мышьяковое 3/305, 308
 серебрение 4/636, 639, 640
 серебряное 1/199; 4/1197
 сурьмяное 3/305
 Зеркальное отражение, спектры 4/780–782
 Зернистые фильтры 1/899
 Зефран 3/1198–1200
 Зизифин 3/923
 Зиксорин 1/330, 331
 Зимаз 1/558; 5/158
 Зимние масла и топлива 2/166, 167, 170; 3/277, 472
 Зимогены 3/199; 5/518
 Зимостерин 3/49
 Зинина реакция 2/331, 976; 1/272
 Зиновьева–Собороского реакция 3/671, 672
 Зовиракс 4/218
 Золение, см. *Кожа*
 Золя 2/331, 153, 154, 332, 338–340, 859, 860; 1/1049; 4/662
 гидрофобные 2/336
 золота 2/336
 и гели, см. *Золь-гель процесс*
 и катализаторы 2/674, 675
 коагуляция 1/1001; 2/816–818; 3/1173. См. также *Студни*
 мыльные 3/302
 нефтяных битумов 1/565
 органические, см. *Орешанолы*
 периодические коллоидные структуры 4/886
 резиновых смесей 1/844
 реология 4/487
 серебра 4/639
 серы 2/319
 Золоситаллы 4/708
 Золотая сейсбилизация 4/626
 Золото 2/333, 334–337; 1/189–191, 570; 3/575; 5/507, 936, 937
 амальгамы 1/223; 2/334
 антимониды 1/331; 2/334
 бериллид 2/484
 бромиды 2/179, 332, 333, 335; 4/550
 висмутид 3/165
 висмутистое 2/334
 галогениды 2/332, 333, 334
 гидрат 2/335
 гидроксид 1/1093; 2/335
 «тремучее» 2/335
 диоксигенилпроизводное 2/137
 жидкое 2/300
 золи 2/154
 имитаторы 3/755
 индий 2/480
 интерметаллиды 2/480, 481, 483; 3/165, 348; 4/556
 нодиды 2/332, 333, 335; 4/584, 585
 кадмид 2/481
 коллоидное 2/333, 336; 4/839
 куприды 2/480
 медистое 2/334
 оксиды 2/335
 определение 1/336, 739, 1116; 2/709; 3/62, 561; 4/183, 184, 396, 397, 531, 555; 5/637
 органические соединения 2/337, 174, 338, 374; 1/432, 433, 543; 3/83, 736; 4/97, 220, 500, 555; 5/276, 999
 палладистое 2/334
 получение 1/869, 977, 1020, 1022, 1104, 1109; 2/334, 536, 567, 573, 596, 1276; 3/4, 95, 304, 412, 629, 632, 636, 873, 1053, 1133, 1193; 4/560, 561, 593, 820, 1257; 5/205, 207, 222, 651, 704, 750, 833, 895, 923
 применение 2/1226, 1227; 3/71, 73, 74, 87, 334, 777, 1105; 4/114, 1244; 5/705, 915, 920

самородное 2/334
 свойства 1/468, 1015; 2/77, 282, 334, 767, 813, 867, 920; 3/74, 97–99, 164, 167, 255, 955, 958, 1093; 4/236, 617, 1077; 5/455, 895, 958
 селенаты 2/335, 336
 селениды 2/335; 4/618
 силицид 4/685
 сплавы 1/1039; 2/334; 4/593, 637, 639, 640, 1020, 1130, 1132, 1134
 сульфиды 2/333, 335
 сусальные 3/755
 теллуриды 2/334, 336; 4/1018, 1023
 тиосульфат 2/335
 тиоцианат 2/335, 336
 фосфин 2/334
 фториды 1/970; 2/137, 332, 333, 1037, 1038; 5/391
 хлориды 1/527; 2/179, 332, 333, 335; 3/758; 4/550, 914
 цианиды 2/333, 335, 567; 5/703, 704
 цинкид 4/593
 электрум 2/334
 Золотоциановодородная кислота 2/333, 334
 Золотой кассиев пурпур 3/758
 Золотохлористоводородная кислота 2/332, 333, 335, 783; 3/576; 4/626
 Золочение 1/974, 976; 2/333, 567; 3/755
 Зо́лы 1/563; 2/340, 341, 348, 496, 498, 568, 589, 592, 596, 703; 3/849; 4/703, 1223; 5/112, 113, 470
 Золь-гель процесс(ы) 2/338, 339, 340, 674, 675; 1/565; 3/415, 421; 4/586, 709, 839, 840
 Зольность 2/340, 223, 231, 341, 596.
 См. также *Зо́лы*
 Зоман 2/341, 9; 1/1098; 3/842–844, 846; 5/1045
 Зона(ы)
 абляция 1/1
 Бриллианза 4/995
 валентная 3/103, 104; 4/995–997, 1075
 взрывопожароопасные 3/1188, 1189
 запрещенные 4/103–105, 110, 995, 996
 проводимости 3/73, 96, 419; 4/103, 104, 995–997, 1075, 1076
 Зонгорины 2/171, 172; 5/1052
 Зонд(ы)
 для уровнемеров 5/91, 92
 липидные 2/1184, 1185, 1190, 1228; 4/304, 968; 5/770
 микроскопические 5/26, 105, 180
 парамагнитный 4/790–793
 спиновый, метол 4/790, 304, 791–793; 3/545, 546
 электронные 2/702, 712. См. также *Электронно-зондовые методы*
 Зондхаймера метод 1/313
 Зонная теория твердых тел 4/101, 103–105, 994–996
 Зонные методы
 кристаллизация 4/111
 перекристаллизация 4/951
 плава 1/214; 2/223, 553, 916, 1009, 1042–1044, 1300; 3/93, 96, 256, 420, 1070, 1094; 4/111, 112, 762, 975, 1021, 1024; 5/164, 516
 сублимация 4/891
 электрофорез 5/864, 865, 867
 «Зонтичные» соединения 4/1201
 Зоокумарины 2/342
 Зоолектрины 2/1162, 1163
 Зоостерны 4/859–861
 Зоотоксин 4/1194; 5/1034–1046
 Зооциды 2/341, 342, 343; 1/463; 3/388, 994; 4/494, 541; 5/257, 258, 748
 Зоошампуни 5/780
 Зоноклон 4/1225, 1226
 Зорнал 1/1032
 Зрительные белки 1/751

Зрительный пигмент 4/536–538
 Зубные пасты и порошки 2/586, 589, 590, 634, 1166; 4/581; 5/393, 408, 751, 752
 Зульпера насадки 3/338, 339, 1141
 Зюса перегруппировка 1/810

И, Й

Иатрохимия 1/191; 3/412, см. также *Ятрохимия*
 Ибогаи 2/458
 Иболутеин 2/458
 Ибонит 2/582
 Ибупрофен 2/344; 1/297; 4/207, 219
 Иванова реакция (реактив) 2/344, 345
 Игланти 1/280, 281, 706; 2/131; 4/731
 Игелит ПЦ, см. *Поливинилхлорид хлорированный*
 Идеально поляризуемые электроды 4/153
 Идеальное вытеснение 3/421, 422, 1100; 4/881
 Идеальное перемешивание (смешение) 1/465, 466; 3/421, 422, 1101; 4/881; 5/718
 Идеальные газы 1/924, 925; 4/364; 5/465, 957
 бозонов и фермионов 4/826
 закон(ы) Бойля–Мариотта 1/573, 924
 – Гей-Люссака 1/988, 924
 – действующих масс 2/22
 распределение частиц 4/870
 сжимаемость 4/663
 состояние стандартное 4/818
 – уравнение Клапейрона–Менделеева 2/788, 789
 химические потенциалы 5/499
 эксергия 5/806
 Идеальные растворы 1/1014, 1015; 4/364, 388; 5/465, 499, 857, 858, 954.
 См. также *Рауля закон*
 Идеальные холодильные циклы 5/594–597
 Идентификация
 математических моделей объектов 2/748, 749; 3/196, 197
 химическая 2/345, 346, 493, 607, 648, 711, 712, 866, 1024, 1316; 3/231, 885; 4/514, 762; 5/497, 629, 725. См. также *Качественный анализ*
 Идитол 4/668
 D-Идоза 3/264, 266
 Илоксуредин 4/218
 L-Идуриновая кислота 1/1022; 3/286; 4/36; 5/93
 Иерархические системы
 дисперсные 5/171
 термодинамика 4/1062, 464, 574, 1063, 1064; 5/466, 511
 химические производства 5/471, 472
 Иервин 4/861, 862
 Изадрин 2/346; 1/51; 4/1194
 Изафосф 2/470, 471
 Изатин(ы) 2/346, 111, 347; 1/306; 3/711; 4/621, 1120, 1130
 Изаватова кислота, производные 1/952
 Изавфенин 2/347; 4/720, 721
 Избирательная коррозия 3/273
 Избирательность
 анализа 2/347; 1/550
 органических реагентов 4/395
 пестицидов 3/995
 Избыточная кислотность 5/424
 Изверженные горные породы 1/553, 554
 Известкование почв 2/348–350; 3/172; 5/55
 Известково-аммиачная селитра 1/102, 103; 4/621

- Известковое молоко** 1/902; 2/227, 585, 835; 3/859; 4/202; 5/560, 959, 995
- Известково-натриевое стекло** 4/846–848
- Известково-серный отвар** 1/106, 107; 4/1149; 5/416
- Известковые вяжущие** 1/871; 2/350
- Известковые удобрения** 2/348, 349, 350, 1233; 1/102, 103; 3/172; 4/621; 5/55
- Известковый плав, метод** 3/690
- Известняк(и)** 2/349, 282, 327, 348, 350, 353, 498, 578, 579, 586, 637, 733, 734; 1/553, 870, 871, 900–902, 1123; 3/328, 1001; 4/838, 941, 1039, 1041; 5/42, 44, 205
- Известь** 2/349, 322, 348, 350, 582, 586, 590, 799, 1319; 1/870, 871, 901, 1187, 1265; 3/863; 4/138, 1007; 5/54, 208
- Белая известь** 5/568
- воздушная** 1/870
- гашеная** 1/771, 870; 2/586
- гидравлическая** 1/870
- карбидная** 2/348
- натронная** 2/28
- негашеная** 1/771, 870, 880, 892, 898; 2/586
- обжиг** 3/1000, 1003
- озерная** 2/348
- хлорная** 5/568, 554; 1/193, 306, 452, 647, 952, 1071; 2/9, 10, 587; 3/690, 860; 4/600
- Известяги загорания** 3/1190; 4/666, 667
- Излучательные квантовые переходы** 2/726–729, 1220–1223; 3/654. См. также *Лазеры*
- Излучение(я)**
- вынужденное, см. Лазеры**
- лучевое** 1/135; 2/491
- поглощающее, см. Ионизирующие лучи**
- жесткое** 1/762, 763; 2/1114–1128; 5/446
- ламповое, см. Люминесценция**
- Хемилюминесценция**
- вакуумное** 3/1094
- тепловое** 3/1186
- экстремальное** 5/806
- Излучение** 2/350, 351–358, 789, 978; 1/190; 3/144, 629, 630, 637; 4/139; 5/172, 211
- в вакуумной сепарации** 4/630
- в гидравлической классификации** 2/792
- в вакуумных суспензиях** 4/951, 952
- в состоянии вещества** 2/1060
- в смеси** 4/967
- при пробоводности** 4/180
- вакуумное, см. Диспергирование**
- Излучения прямые и косвенные** 3/639, 640
- Изм.** 2/358, 359
- Изменения** 2/358; 359, 369; 5/199. См. также *Индивидуальные представления*
- Изменения** 1/525
- Изменения** 2/988
- Изменения** 2/359, 237; 1/234; 4/396
- Изменения** 1/510
- Изменения** 2/1296
- Изменения** 1/667
- Изменения** 1/997; 2/375; 3/917
- Изменения** 1/667
- Изменения** 3/505, 506
- Изменения** 3/518, 519
- Изменения** 1/233, 234, 667; 2/359, 421; 3/421; 4/568, 752, 801, 802, 1114; 5/527
- Изменения** 2/136
- Изменения** 1/397
- Изменения** 2/171, 172
- Изобара(ы)**
- адсорбции** 1/54
- атомные ядра** 5/1031
- как нуклиды** 3/605
- реакции, уравнение** 2/902
- температур кипения азетропов** 1/66–69
- Изобарно-изотермическая диффузия** 2/196
- Изобарно-изотермический ансамбль** Гиббса 4/823, 825
- Изобарно-изотермический потенциал** 5/464. См. также *Термодинамические потенциалы*
- Изобарные реакции** 2/1269, 1270
- Изобезамид** 1/488
- Изобензотрифен** 1/528
- 1(3H)-Изобензофуранон** 5/377, 379
- Изобергантеп** 1/534, 535
- Изобизаболен** 1/545
- Изоблеомиины** 1/571
- Изоборнеол** 1/585, 586; 2/598, 601; 5/147
- Изоборнилacetат** 1/586, 660; 2/598, 600
- Изоборнилгалогениды** 2/598, 599
- Изоборнилформат** 2/601
- Изоборреверин** 2/360
- Изобутан** 1/157, 638, 639, 643, 913, 914, 928, 930, 1023; 2/366; 3/53, 206, 345, 726, 727; 4/196, 197, 202, 203, 421; 5/199, 409
- Изобутаналь** 3/617, 620
- Изобутанол, см. Изобутиловый спирт**
- Изобутен** 1/639, 650, 927; 3/875; 4/421. См. также *Бутены, Изобутилен*
- Изобутиленхлорид** 3/72
- Изобутил** 1/154; 3/569
- Изобутилкарилат** 1/117, 640, 641
- Изобутилдамины** 1/641, 642; 3/619, 620
- Изобутиладетат** 1/642, 643, 650
- n-Изобутиладетатофенон** 2/344
- Изобутиленкарбамид** 2/811
- Изобутилен** 1/163, 187, 430, 538, 625, 642, 643, 645, 647, 650, 667, 668, 709, 998, 1151; 2/91, 116, 180, 359, 375, 672, 673, 697, 699, 705–707, 1266, 1267; 3/9, 70–72, 109, 116, 291, 673, 727, 738–740, 917, 1057, 1244; 4/766, 1027, 1213, 1258; 5/222, 605
- Изобутиленкарбамид** 1/103
- Изобутиленоксид** 1/650; 3/731
- Изобутилизидиан** 2/372
- Изобутилоид** 2/811
- Изобутилкарбамат** 5/87
- Изобутилксантогенат** 1/650
- 3-Изобутил-1-метилксантин** 5/270
- Изобутилметакрилат** 1/648; 3/325
- Изобутилитригид** 3/535
- Изобутиловое масло** 2/677
- Изобутиловый спирт** 1/648–650; 2/677, 1295, 1298; 3/617, 618, 916; 4/803. См. также *Бутиловый спирт*
- 2-(4-Изобутилфенил)пропионовая кислота** 2/342
- Изобутилфталат** 5/377
- Изобутилхлорид** 2/811; 3/32
- Изобутиральдегид** 2/1297
- Изобутиральдол** 2/1297
- Изобутират(ы)** 2/1295, 1296; 3/617, 618; 5/130
- Изобутиронитрил** 1/439
- Изобалентное замещение** 4/107
- Изобалансированный изоморфизм** 2/370
- Изобалераты** 3/617, 618; 5/130
- Изобалериановая кислота** 1/667; 2/226, 359, 643, 644; 4/609; 5/17
- Изобалериановый альдегид** 2/359, 1159
- 2-Изобалерионил-1,3-индандион** 2/439
- Изобаланили** 2/238, 359
- Изоберингидрохлорид** 2/1321
- Изобинолантрон** 3/1125; 4/74, 75
- Изобетксаны** 1/991, 998; 2/365
- 2-Изобетксил-4-метилфенол** 1/697
- Изобетксаны** 1/1023
- Изобетксид** 2/67, 68
- D-Изобетксид** 1/1151
- Изобетксидические кристаллы** 3/164
- Изобетксидовый спирт** 3/1116, 1117
- Изобетксидантрон** 2/978
- Изобетксид** 5/734
- Изобетксиды** 2/395, 396
- Изобетксидол** 2/437
- Изобетксид** 2/359; 5/380, 381
- Изобетксид(ы)** 1/86, 87; 2/360; 5/381
- Изобетксидол-1,3-дион** 5/380, 381
- Изобетксидолины соли** 2/360
- Изобетксидовое разбавление** 4/78
- Изобетксид** 3/432
- Изобетксидан** 1/585; 2/598
- β-Изобетксидол** 2/1298
- Изобетксидофиллен** 2/654
- Изобетксидоза** 5/374
- Изобетксидическая температура** 2/868
- Изобетксидол** 4/228, 229
- Изобетксидные кислоты** 2/935
- Изобетксидхлорид** 3/72
- Изобетксидол** 2/360, 361, 743; 1/85
- Изобетксидолины** 3/529
- Изобетксидолон** 1/507
- Изобетксидобилирубиновая кислота** 2/279
- Изобетксидантоны** 2/88
- Изобетксиды** 3/677
- Изобетксид** 1/563
- Изобетксидовая кислота** 1/660
- Изобетксидсерилбидикинин** 2/759, 760
- Изобетксиды** 2/361, 232; 1/249, 251; 3/621, 625, 923; 4/1075, 1119, 1260, 1261; 5/518
- транс-Изобетксид** 3/60
- Изобетксидовая кислота** 1/554, 1144; 2/407; 3/613; 5/410
- Изобетксидовые двойные связи** 2/98, 99
- Изобетксидовые системы** 2/361, 312, 362. См. также *Замкнутые системы*
- закон сохранения энергии** 4/772, 773
- соотношение взаимности Онсагера** 4/1068
- термодинамическое равновесие** 4/1073
- энтропия** 4/825, 1073; 5/955
- Изобетксидовая защитная одежда** 2/323, 324; 4/319
- Изобетксидовые покрытия**
- грунтовок** 1/1207, 1208
- защитные** 3/1179, 1180
- Изобетксидовые противогазы** 4/220, 224, 225
- Изобетксидовые аналоги** принцип 2/362, 363, 793, 795; 3/82
- Изобетксидовые группы** 2/362
- Изобетксидический ряд** 1/1163
- Изобетксидофенол** 4/660
- Изобетксидовые масла** 2/363, 676; 1/487; 3/446, 466, 1245, 1247
- Изобетксидовая кислота** 2/643, 644, 1295; 3/114
- Изобетксидный альдегид** 1/649, 1112; 2/238, 363, 1295, 1297; 5/134, 801
- Изобетксидол** 3/59, 60, 1032
- Изобетксидон** 3/60, 61; 5/1004
- Изобетксиды** 2/363, 364, 365, 969; 4/1268; 5/158, 159
- Изобетксид** 2/365; 3/278
- Изобетксидация** 1/35, 375, 423, 464, 465, 469, 567, 598, 811, 941, 942, 983, 1056, 1057, 1084, 1085, 1113, 1194, 1222; 2/17, 277, 325, 360, 369, 622, 651, 653, 743, 874, 932, 1005, 1272, 1273; 3/507, 551, 737, 876; 4/415, 423, 740, 1025, 1128, 1141; 5/737,
779. См. также *Димеризация, Изомерия, Присоединения реакции*
- анизотропная** 4/912
- в звуковых полях** 5/60
- валентная** 2/366; 3/579; 4/1215
- внутримолекулярная** 2/925
- вырожденная** 4/1215, 1216
- заместительная** 5/904, 905
- и реакция(и) конкурирующая** 2/898
- – мономолекулярная** 3/257, 258
- каталитическая** 1/1090; 2/676, 678, 679, 684, 1211; 3/80, 324, 346, 1129, 1131; 4/947; 5/332, 681, 739
- лигандов** 2/933
- низкотемпературная** 2/1034
- обратная самопроизвольная, см. Таутомерия**
- окислительно-восстановительная** 2/364
- органическими основаниями** 3/831
- перегруппировка(и). См. также Молекулярные перегруппировки, Секстетные перегруппировки**
- аллильная** 1/181, 182
- Амадора** 1/221
- Бекмана** 1/469, 470
- Валаха** 1/669
- Димрота** 2/123
- камфеновые** 2/599
- тнон-тиольная** 4/1143, 1161, 1162; 1/961; 3/607, 608, 1090, 1091; 5/311
- по Вильгельму** 1/709
- по Коупу** 2/965, 966
- по Лобри де Брюну – ван Экейстейну** 2/1211
- по Мейеру–Шустеру** 3/33
- по Фаворскому** 5/97
- по Фриделю–Крафту** 3/368
- по Хеку** 5/439
- по Чепмену** 5/775
- поверхность потенциальной энергии** 3/1170, 1175, 1177
- при гидроксикалелировании** 1/2, 3
- при двойных связях** 2/364, 376
- при озонировании** 3/660
- прототропная** 1/174
- псевдообращение** 4/256, 257
- ретропиналининовая** 3/1025
- свободнорадикальная** 3/1062
- структурная, см. Таутомеризация**
- термодинамическая** 4/113
- термодинамическая** 1/600, 960; 2/373, 639, 1113; 3/1046, 1090, 1091; 4/413, 1165
- трансанилиновая** 5/724
- гуниельная** 2/1034
- ферментативная** 2/363–365; 5/19
- фосфонат-фосфонатная** 5/274, 275
- фотохимическая, см. Фотоизмерения**
- цис-, транс-превращения, см. Изомерия**
- электрофильная** 5/904
- эпимеризация** 5/957
- Изомерия** 2/365, 366–369; 1/860; 3/345, 784, 785; 4/416. См. также *Таутомерия*
- атомных ядер** 2/369, 370, 386; 4/316, 336; 5/1032
- валентная** 2/366; 3/579; 4/993, 1215
- «внутренняя компенсация» знака вращения** 3/27
- геометрическая** 2/928; 3/539, 737, 786. См. также *Изомерия*
- гидратная** 2/930
- и качественный анализ** 2/709
- и хиральность** 2/366; 4/858
- ионизационная** 2/369, 930
- конформационная** 1/759–761; 2/369, 906, 929, 1264, 1265
- координационная** 2/928–930, 943
- лигандная** 2/929, 1171, 1172

- оптическая 1/388–393; 2/295, 366, 367, 599, 610, 729, 799, 929, 943; 3/205, 263–265, 345, 569, 570, 772, 773; 4/853, 930
поворотная 1/760, 761; 2/369, 1264, 1265
положения 2/366, 929; 3/671, 672
пространственная, см. *Пространственная изомерия*
связевая 2/929
сольватная 2/930
структурная 2/366, 929; 3/345, 579; 4/1215
– превращения, см. *Изомеризация*
углеродного скелета 2/366
формальная 2/930
- Изомерный сдвиг мёссбауэровских спектров 3/66, 67
- Изомеры 2/365; 3/345, 746; 4/714. См. также *Изомеризация*, *Изомерия*
выход и реакционная способность 4/417
как жесткие молекулы 2/369; 3/392
политопные 2/925; 4/46–49
регио 4/425
топологические 4/1215
формы, анти, син 1/317; 4/303
– E, Z 3/571; 4/1025
– мезо 2/368
– терео 2/367, 368
– цис, транс 5/767, 720, 927, 928, 939; 2/305, 364, 376; 3/292, 299, 395, 570, 571, 737, 1201, 1225
– экзо, экзо 3/581
– экзо, эндо 5/803; 3/581, 582
– эритро 2/367, 368
- Изометафосфаты 5/249
- Изомиял 1/261
- Изомолекулярные растворы 2/56
- Изоморфизм 2/370, 371, 1055, 1064, 1069; 3/164, 583
критических явлений 2/1072
минералов 2/639; 3/164–166; 4/679, 680
молекулярных графов 1/1198
- Изоомеченная 3/280
- Изоафтазарин 3/706, 707
- Изонизид 2/371; 3/937; 4/241, 242; 5/386, 973
- Изоникотиновая кислота 2/371, 142; 1/250; 3/1019; 5/758
амид 1/261
гидразиды 1/1071, 1076; 2/371; 4/233; 5/386
тиоамид 4/233
- Изонитрилы 2/372, 371, 373, 374, 420, 863; 3/370, 887; 4/639; 5/35, 36, 239, 702
как лиганды 2/641
комплексы переходных металлов 2/373, 338, 374, 622; 4/986; 5/633, 634
- Изонитроацетанилд 2/347
- Изонитроацетон 1/237
- 5-Изонитрозобарбитуровая кислота 1/455
- α-Изонитрозокетоны 2/814, 815
- Изонитрозианоуксусная кислота, этиловый эфир 2/1084
- Изонитроны 3/548
- Изонолиловый спирт 3/1116
- Изооктан 1/499, 500, 503, 897; 2/297, 1224, 1225; 3/725–728, 738, 894; 4/648; 5/544, 545
- Изооктанол, см. *Изооктиловый спирт*
- Изооктиловая кислота 2/1268
- Изооктиловый спирт 1/867; 3/727–729, 1116, 1118
- Изооктилфенолы 3/1169
- Изооктилфталат 5/377
- Изоолеиновые кислоты 1/1085
- Изооливин 3/741
- Изоортохроматические фотоматериалы 4/624, 625; 5/317
- Изопок 4/478
- Изопанхроматические фотоматериалы 4/624, 625; 5/317
- Изопарафины 1/638, 991, 1023; 2/684; 3/449, 462–465; 4/197
- Изопентан(ы) 1/913, 914, 928, 930, 997, 1175; 2/359, 369, 375, 376, 672; 3/345, 908, 913, 918, 1031; 5/199, 544
- Изопентаналь 3/617–620
- Изопентанол 3/617, 618
- Изопентенилацетат 5/769
- 3-Изопентенил-1-дифосфат 3/617, 618
- Изопентенилпирофосфат 4/865, 1091, 1092; 5/769
- Изопентены 2/671
- Изопентил 3/569
- Изопентиламин 2/359; 3/619, 620
- Изопентилнитрат 3/505
- Изопентилнитрит 3/518, 519
- Изопериболческие калориметры 2/574
- Изопермы 2/1241
- Изопиестические растаоры 3/217
- Изопилокарпин 3/1023
- Изопининелии 5/341
- Изополикислоты 1/1060; 2/783
ванадиевая 1/678, 1099
вольфрамовые 1/821, 822, 1099
высокомолекулярные 1/813
- Изополифосфаты 5/249
- Изопрен 2/374, 12, 99, 100, 116, 284, 359, 369, 375–377, 665, 672, 673, 697, 705–708, 921; 1/155, 156, 187, 625, 630, 634, 639, 640, 645, 647, 846, 998, 1024, 1217; 3/10, 110, 178, 257, 292, 407, 661, 740, 913, 917, 918, 1027, 1031, 1032, 1266; 4/54, 198, 1087, 1088, 1091, 1092; 5/36, 341, 570, 773
полимеры синтетические, см. *Изопреновые каучуки*
синтетические
– природные, см. *Каучук натуральный*
- Изопренилхлорид 5/773
- Изопреновое правило Ружички 2/378
- Изопреновые каучуки
природные, см. *Каучук натуральный*
синтетические 2/375, 376–378, 705, 706; 1/633, 634, 637, 645, 928; 3/326, 1114, 1115; 4/1076; 5/52, 572, 799
- Изопреноиды 2/378, 346, 969; 3/407, 617, 618, 621–623; 4/1091; 5/34, 573
стероидные, см. *Стероиды*
- Изопрен-стирольные термоэластопласты 2/375
- Изопропан 1/1027
- Изопропанол, см. *Изопропиловый спирт*
- Изопропаноламиды 1/264
- Изопропаноламыны 2/378, 379; 1/265; 4/201, 203
- Изопропенил 3/569
- Изопропенилацетат 2/741
- Изопропенилбензол 3/122, 123
(+)-(Z)-2-Изопропенил-1-метилциклобутанэтанол 1/415
- Изопропениловые эфиры карбоновых кислот 2/417
- 2-Изопропенил-2-оксазолины 3/683
- 4-Изопропенилфенол 2/95, 96
- Изопропил 1/154; 3/569
- Изопропиламыны 2/346; 4/196–198
1-Изопропиламино-4-бром-5-гидроксинантрахинон 1/259
1-Изопропиламино-5-гидроксинантрахинон 1/259
- N-Изопропил-4-аминодифениламин 1/248
- 1-Изопропиламино-3-(1-нафтокси)-2-пропанолгидрохлорид 1/298
- 3'-(2-Изопропиламино)фосфат 2/946
- N-Изопропиланилин 1/155
- Изопропиламы металлов 1/167, 168; 3/767
- л-Изопропилбензойная кислота 3/58
- Изопропилбензол 2/379, 380, 1102; 1/158, 160, 436; 3/123; 5/369. См. также *Кумол*
- гидропероксид, см. *Кумилгидропероксид*
- Изопропилбромид 1/69; 3/32
- Изопропил-4,4'-дибромбензилат 1/107
- Изопропил-4,4'-дихлорбензилат 1/108
- Изопропилденацетон 3/25, 26. См. также *Мезитила окись*
- Изопропилденевоная защитная группа 2/325
- Изопропилиденфторид 1/946
- Изопропилоцианид 2/372
- Изопропилолиды 3/705; 5/537
- Изопропилкарбиол 1/648–650
- Изопропилмагнийхлорид 2/344
- α-Изопропил-α-[(N-метил-N-гомовератрил)-γ-аминопропил]-3,4-диметоксифенилацетонитрилгидрохлорид 1/683
- Изопропилметилкетон 3/573
- Изопропил-2(5)-метилфенолы 1/163; 4/1125, 1126
- 4-Изопропил-1-метил-1,3-циклогексанид 1/393
- 1-Изопропил-2-метилциклогексан 3/58
- 1-Изопропил-2-нафтиламин 3/388
- Изопропилнитрат 2/103; 3/278; 4/174, 1114
- Изопропилиорадреналин 2/346
- Изопропиловые эфиры 2/103; 5/1011
- Изопропилов

- N-Изопропиланилин 1/155
 Изопропилаты металлов 1/167, 168; 3/767
 n-Изопропилбензойная кислота 3/58
 Изопропилбензол 2/379, 380, 1102; 1/158, 160, 436; 3/123; 5/369. См. также Кумол
 гидропероксид, см. Кумягидропероксид
 Изопропилбромид 1/69; 3/32
 Изопропил-4,4'-дибромбензилат 1/107
 Изопропил-4,4'-дихлорбензилат 1/108
 Изопропилденацетон 3/25, 26. См. также Мезитила окись
 Изопропилденевоная защитная группа 2/325
 Изопропилденфторид 1/946
 Изопропилоксианид 2/372
 Изопропилоксид 3/705; 5/537
 Изопропилкарбиол 1/648–650
 Изопропилмагнийхлорид 2/344
 α-Изопропил-α-[(N-метил-N-гомовератрил)-γ-аминопропил]-3,4-диметоксифенилацетонитрилгидрохлорид 1/683
 Изопропилметилкетон 3/573
 Изопропил-2(5)-метилфенолы 1/163; 4/1125, 1126
 4-Изопропил-1-метил-1,3-циклогексалиди 1/393
 1-Изопропил-2-метилциклогексан 3/58
 1-Изопропил-2-нафтиламин 3/388
 Изопропилнитрат 2/103; 3/278; 4/174, 1114
 Изопропилоадреналин 2/346
 Изопропиловые эфиры 2/103; 5/1011
 Изопропиловый спирт 2/380, 19, 103, 297, 381, 432, 518, 606, 744, 819, 937, 1202, 1319; 1/18, 342, 436, 437, 452, 610, 780, 912, 1077; 3/10, 11, 46, 114, 448, 738, 740, 994; 4/197, 201, 669, 899, 1113
 Изопропилкарбамат 5/87
 4-Изопропил-1-метилбензол 5/745, 746
 4-Изопропил-α-метилкоричный альдегид 5/713
 Изопропилнитрат 5/696
 Изопропилоксианирин-ионы 3/1037
 Изопропилирдиния соли 2/1113
 Изопропилсульфат 2/380
 Изопропил-β-D-тиогалактозид 4/431
 4-Изопропилтолуол 5/745, 746
 Изопропилпропионы 5/21
 3-(4-Изопропилфенил)-2-метилпропаналь 5/713
 N-Изопропил-N'-фенил-1,4-фенилендиамин 1/333,334;4/243
 Изопропилфенолы 1/163, 1115
 Изопропилформиат 3/289, 290
 Изопропилхлорид 1/946
 Изопропилхлоркарбиат 3/563
 α-Изопропил-α-(хлорпропил)-3,4-диметоксифенилацетонитрил 1/683
 4-Изопропил-1,2-циклогександиондиоксид 5/723
 Изопропилэтилен 3/917
 3-(4-Изопропилоксифенил)-2,5-пирролдиндион 4/240, 241
 Изопропиолан 5/421, 422
 Изопротурон 1/1030, 1031
 Изопсоралеи 1/298; 5/342
 Изоптин 1/683
 Изопулегол 3/60; 5/774
 Изопулегол 4/271
 Изореагенин-α-D-глюкозид 4/397, 398
 Изоронданы 4/1166–1169
 Изоротеион 4/540
 Изаофрол 1/1004; 4/581
 Изосин 5/1032
 Изостатическое прессование 4/140
 Изостера адсорбции 1/54
 Изостерическая теплота адсорбции 1/55
 Изоструктурность 2/370, 1055
 Изотактические полимеры 2/674, 922; 3/739, 1219, 1220, 1228, 1262, 1263; 4/19, 22, 27, 28, 30, 31, 849–852, 857, 1089; 5/713. См. также Стереорегулярные полимеры
 Изотахофореэ 5/863, 864, 867
 Изотенископы 4/1032
 Изотермические процессы абсорбции 4/755–757
 кристаллизация 2/1040
 охлаждение 5/594–597, 600, 602, 604
 перегонка 2/153, 155; 3/217, 829, 1172
 поверхностная энергия 3/1161
 сжатие газов 2/880, 881, 890; 5/594
 химические 2/1269
 Изотермо-изохорный потенциал 5/465
 Изотермы адсорбции 1/54–59, 884; 3/210, 1159, 1174; 5/448
 – в капиллярах 2/607, 608
 – для сушики 4/955
 – Ленгмюра 2/691, 692
 – Темкина 2/692
 – Фрейндлиха 2/692
 жидкостной экстракции 5/825–827, 829
 ионного обмена 2/513
 общего давления для азеотропов 1/66–69
 Изотерпинолен 3/58, 60
 Изотиазол(ы) 2/381, 179; 1/85
 Изотиазол-4,5-дикарбоновая кислота 1/492
 Изотиазолипенициллин 2/381
 Изотиомочевина 2/591; 4/1140
 Изотиоцианаты 1/682; 2/176, 373; 3/279, 733, 804; 4/872, 925, 1127, 1135, 1147–1149, 1155, 1164, 1166–1169; 5/790
 Изотиоциановая кислота 1/683; 4/1164
 Изотиурония соли 2/171; 4/326, 1139
 Изотонические растворы 2/1078; 3/829, 830
 Изотоны 3/605
 Изотопия 4/325
 Изотопная масс-спектрометрия 2/382, 383, 1308, 1315, 1317, 1318
 Изотопная селекция ядер 2/811
 Изотопного разбавления метод 2/381, 382, 383, 1315, 1318; 1/94, 917; 4/327, 328, 557; 5/656
 Изотопное замещение 2/758, 759. См. также Изотопнозамещенные соединения
 Изотопнозамещенные соединения 1/764; 2/385, 386, 392, 393, 610. См. также Изотопное замещение
 Изотопные генераторы 2/383, 384; 4/332, 335, 337
 Изотопные индикаторы 2/384, 25, 273, 381, 382, 385, 1038; 1/815; 3/141, 148, 245, 605; 4/327, 328, 335, 459, 467, 565, 723, 1220; 5/1023. См. также Изотопы, Метки, Меченые соединения
 Изотопные эффекты 2/385, 384, 386, 387, 394; 1/45, 403; 5/1034
 кинетический 2/758, 386, 759, 811, 898; 4/245
 магнитный 2/811, 1238, 1239
 при низких температурах 2/1034
 термодинамический 2/385; 4/335
 Изотопный анализ 2/386, 382, 383, 387, 709, 855, 1308, 1315, 1317, 1318; 1/292; 3/794, 795; 5/497. См. также Изотопное разбавление, Радиохимия
 Изотопный обмен 2/387, 24, 25, 128, 385, 388, 773, 930; 3/79, 148; 4/245,

- 326, 1117; 5/3–5, 31, 33, 635, 905, 1034
и разделение изотопов 2/388, 391, 392
и эффект клетки 2/810, 811
туннельный 2/1035
Изотопы 2/394; 1/403; 3/605, 606; 5/897, 935, 936, 1031
анализ, см. *Изотопный анализ*
атомные массы 1/408
водорода 1/775
генерирование, см. *Изотопные генераторы*
геохимия 1/1019
замещение 2/758, 759
– соединения 2/385, 386, 392, 393, 610
как квантовые жидкости 2/299
как метки 2/384, 385, 1184, 1185, 1187, 1190; 5/343. См. также *Изотопные индикаторы*
как носители в радиохимии 3/583
как члены радиоактивных рядов 2/384, 385, 394, 502; 4/325
космического вещества 2/962
нерадиоактивные 2/387
обмен, см. *Изотопный обмен*
радиоактивные 2/387
разбавление, см. *Изотопное разбавление*
разделение 2/389, 196, 384, 386–388, 390–394, 553, 610, 1120, 1123, 1239; 3/191, 652; 4/1074; 5/33, 77, 833, 1016, 1031
стабильные 2/384, 386, 387, 394
химическая эквивалентность 1/45
эманации, см. *Эманиационный метод*
эффекты, см. *Изотопные эффекты*
Изотропные кислоты 5/18
Изотропные системы 1/1158; 2/1068, 1072; 3/1135; 5/820, 889–891
β-Изотропсилловая кислота 5/18
Изюфен 1/107
Изюфениловый спирт 5/147
Изюфенхол 5/147
Изюфенхон 5/545
Изюферменты 2/395, 396; 1/396, 1000; 3/254, 970; 5/152, 270, 272, 662
Изюферроплатина 3/1132
Изюфитол 1/749
Изюфлавои 2/973; 5/201
Изюфорон 1/437; 3/994
Изюфалаты 2/396
Изюфалева кислота 2/396, 95, 107, 108, 397, 1091, 1093; 1/513, 514, 996; 3/1201, 1252; 4/26; 5/377
диинитрил 2/396; 3/673; 5/381
дихлорангидрид 2/397; 3/1213; 4/58
диэтиловый эфир 2/396, 397
Изюфалевый альдегид 3/966
Изюфаломилхлорид 2/397, 396; 1/996
Изюфалонитрил 5/381
Изюфумигахланин-А 5/967, 968
Изюхинолин(ы) 2/397, 111, 336, 359, 398, 399, 591, 636, 963, 964; 1/567, 654; 3/110, 383, 814; 4/341, 342, 419, 774; 5/714, 759, 777
Изюхинолиния соли 2/397, 963, 964
Изюхинолиновые алкалоиды 2/398, 399–401; 1/143; 3/1021–1023; 5/23, 524
берберин 1/533, 534
морфинановые 3/274, 275, 276
папаверин 3/880
Изюхинолиновые основания 1/524; 2/397, 399, 400
Изюхинолиновый красный 2/398
Изюхинолин-N-оксид 2/397
Изюхинолин-5(8)-сульфокислоты 2/397
Изюхинофталон 5/535
Изюхолестерин 1/826
Изюхора реакции, уравнение 2/902
- Изюхорно-изотермический потенциал, см. *Термодинамические потенциалы*
Изюхорные реакции 2/1269, 1270
Изюхроматические фотоматериалы 4/624, 625
Изюцебрен 2/284
Изюцеброл 2/284
Изюцианатная группа 2/401
Изюцианатоорганические 3/799, 800
Изюцианаты 2/401, 66–68, 184, 245, 359, 373, 402–406, 573, 629, 640, 697, 805, 1106, 1107, 1213; 1/73, 252, 270, 682, 989, 1075, 1116, 1179; 3/115, 279, 804, 903, 1208; 4/51–57, 765, 802, 872, 925, 1131, 1167, 1200, 1203, 1249; 5/87, 88, 125, 136, 238, 239, 241, 432, 668, 701, 704, 705, 737, 773, 790, 961, 962
блокированные 2/406, 54, 405, 407
Изюцианиды 2/242, 372–374
Изюциановая кислота 1/683; 4/1131; 5/704, 708
α-Изюцианокрбанионы 2/372
Изюцианураты 2/406; 4/54, 1249; 5/84
Изюциануровая кислота 1/193
Изюцианомероановая кислота 2/407
Изюцитрамалит 3/617, 618
Изюцитрат 3/613, 617, 618; 4/1259–1261
пре-*D*-Изюцитратглиоксилат-лиаза 2/407
Изюцитратдегидрогеназы 2/395; 3/469; 4/1260
Изюцитрат-лиаза 2/407, 1169; 1/1142
Изюшаум 2/619, 620
Изюшнзомеры 4/509
Изюэвгеиол 2/407, 408; 1/988; 5/800
Изюэлокарпилии 1/148
Изюэлокарпины 1/147
Изюэлектрическая точка 2/408; 3/1166; 4/78; 5/866, 867
Изюэлектронное замещение 4/107
Изюэлектронные ряды 4/106
Изюэлектрфокусирование 2/395
Изюэзими 2/395, 396
Изюэстрагол 1/301
Изюзумудная зелень 2/408, 409; 3/1011; 5/615
Изюзумуды 1/535; 2/222, 223; 4/681
И-кислота 1/255, 257
Иксан 3/1139
Ил 3/457, 789; 5/54
активный 3/861; 5/675
Иланган 4/660
Илангены 4/660
Иланг-иланговое масло 1/1024; 5/800, 1003, 1004
Илелит 2/1293
Иллы 2/409, 410, 411, 1033; 1/279, 597, 752, 753; 3/786; 4/277, 867, 1117, 1153; 5/654, 734, 783
алифатических диазосоединений 2/74
1,3-дипольные нитрилы 1/77
N-иминопирдиния 2/64, 65
металлокомплексы 2/338, 621; 4/986
пирдиния 3/1018
селеноорганические 4/619
серы 3/540; 4/634, 931
сульфония 4/938
теллурия 4/1024
фосфора 1/71; 2/633, 647, 716, 746; 3/540. См. также *Фосфинилкислоты*
Иллит 1/1141
Иллоксан 1/1028
Илювича уравнение 1/809; 5/173
Ильменит 1/1021; 2/263, 270, 355; 3/167, 489, 633, 1068; 4/559–561, 567, 985, 1172, 1183, 1184
Имазилл 5/420
Имбирное масло 5/1006
Имерубин 2/398, 399
- Имехин 1/979
Имидазол(ы) 2/411, 65, 85, 412, 742, 1270; 1/85, 236, 422, 494, 556, 712, 1031, 1142; 3/175, 678, 1164; 4/228, 233, 536, 774, 775; 5/196, 224, 225, 420, 422
Имидазол-5-ацетальдегид 3/619
4,5-Имидазолкарбоановая кислота 1/497; 2/411
2,4-Имидазолидинон 1/1067, 1068
2-Имидазолидиноны 2/82, 413; 5/986
2-Имидазолидинтионы 2/413
Имидазолидины 2/411; 5/986
трис-Имидазолидофосфат 2/412
Имидазолиды карбоновых кислот 3/1096; 5/245
1-(Имидазол-2-ил)-3-глицерофосфат 1/1124; 3/619, 620
2-(4-Имидазолил)этиламин 1/1123
Имидазолиновые радикалы 4/303
Имидазолины 2/412, 413
Имидазолины 2/412, 82, 413; 1/51, 269, 340; 3/1165, 1167, 1168; 4/699; 5/986
Имидазолон-5-пропионат 3/619, 620
Имидазол[1,2(5)-а]пиридины 1/1061
9*H*-Имидазол[4,5-*d*]пиримидин 4/273
Имид-амидная перегруппировка 2/414, 415
Имидаты 2/419, 420; 3/1027, 1028
Имидацины 4/625
Имидизация 3/1246
Имид-имидная перегруппировка 2/415
Имидовые кислоты (имидокислоты) 2/419, 420
Имидогалогениды 5/239, 785
Имидогруппа, защита 2/325, 326
Имидосульфоновая кислота 4/657
Имидолиновые соединения
галогениды 1/230; 2/420; 3/1028
металлокомплексы 2/622
Имидокарбонаты 5/239
Имидометильная группа 1/106
Имидопласты 3/1121
Имидофосфаты 2/414, 415
Имидофосфинаты 2/414
Имидофосфонаты 2/414
Имидофилы 1/488; 3/513; 4/1135; 5/450, 775, 785
Имиды
карбоновых кислот 2/415, 414, 416, 417, 1138; 1/229, 951, 952; 3/186, 187, 280, 513, 530, 576, 945, 953, 954, 1067, 1079; 4/515; 5/380, 381, 709, 710. См. также *Полиимиды*, *Сукцинимид*, *Фталимид*
металлов 2/417
α-сульфобензойной кислоты, см. *Сахарин*
Имизин 2/417, 418; 1/325, 326
Имин-енаминная таутомерия 2/421
Иминиевые соли 2/418, 419, 421, 1280; 1/200, 201; 5/414, 782
Иминильные радикалы 4/795
Имин-иминная таутомерия 2/421
Иминирование 5/7, 241, 279, 309, 790
Иминоарсины 4/1270
Иминогруппа 1/200, 475; 4/396; 5/709, 710
Иминодиацетатная смола 2/1171
2-Иминодигетерофосфоринаны 2/94
Иминодикусовая кислота 1/289; 2/731, 870, 1090; 3/124, 690; 5/379
Иминоднэтанол 5/974
Иминодиэтиламин 2/212
Иминокарбоновые кислоты, эфиры 2/764
Иминоксильные радикалы 2/419; 3/543–546, 702; 4/303
Иминолактоны 2/419
Иминонитрилы 3/514; 4/1222; 5/713
3-Имино-1-оксонзонидолины 1/87
N-Иминопиридиний, иллы 2/64, 65
1-Имино-3-тиоксонзонидолины 5/381
- Иминотиозефры 4/1137, 1156, 1166
Иминотиогангилфосфораны 5/790
Иминотормильные металлокомплексы 3/825
Иминофосфораны 3/514; 5/240–242, 783, 790, 791
Иминохлориды 2/645
Иминоэфиры 2/419, 413, 420, 697, 698; 3/674, 675, 681, 683, 708, 817, 952; 4/1156, 1248, 1249
Имийи 2/420, 416, 419, 421, 1139, 1203; 1/708, 709; 3/439, 945, 1045; 4/536, 539, 634, 760, 873, 1132; 5/239, 790–793
Имипрамин 2/417, 418
Имитаторы драгоценных камней 2/222; 5/766
Иммерсионные жидкости 2/421, 284, 598; 1/454; 3/776; 4/514
Имобилизованные системы (материалы)
клетки микроорганизмов 1/555; 2/463, 464
межфазные катализаторы 3/24
мембранные белки 3/52, 53
морин 3/272
олигомеры 2/1324, 1325
поливинилпиридиновые 3/1229
радиоактивные отходы 4/320, 321
сорбенты в капиллярной хроматографии 2/608
углеводы 2/1163
ферменты 2/421, 203, 422, 423, 463, 522; 1/555; 3/203; 4/391; 5/149–151, 156–158, 160, 547, 916
фосфолипиды 2/1187
хромогенные реагенты 4/398
Иммониевые соли 1/421, 422; 2/244; 5/35, 36, 450. См. также *Иминиевые соли*
Иммуниный интерферон 2/487
Иммунный флуоресцентный анализ 2/1219
Иммуногены 2/427
Иммуноглобулины 2/423, 424–428, 478, 604, 695, 875; 1/323, 470, 472, 1138, 1139; 3/50, 198, 934; 4/219, 328, 812; 5/151, 768
Иммунодепрессанты 2/426, 427. См. также *Азатиоприн*, *Картикоиды*, *Циклофосфан*
Иммунодепрессоры 2/426; 5/745
Иммунологические реакции 2/1162
Иммуномодулирующие средства 2/426, 427, 605; 3/595, 599; 4/209, 218–220; 5/35
Иммуносорбенты 1/417; 2/426, 428, 429
Иммуностимуляторы 2/426, 427
Иммуносупрессоры 3/595
Иммунотоксикология 2/427
Иммуноотрапные средства, см. *Иммуномодулирующие средства*
Иммуоферментные электроды 2/522
Иммуоферментный анализ 2/423, 1291; 3/970; 5/151, 153
Иммуоцитохимия 5/770
Иммуонохимия 2/427, 141, 187, 293, 395, 425, 426, 428, 429, 660, 1219; 3/929; 5/770
Импакторы 4/281
Импаданс
Варбурга 2/429; 5/919
Гершера 5/919
Фарадея 5/919
электрохимический 5/918, 920
Импадансные методы 2/429; 5/915, 919, 926. См. также *Импаданс*
Имплантация ионная 2/485; 3/421; 4/117. См. также *Лесирование*
Импрегнированные материалы 2/323, 324; 3/53, 1165
Импрез 3/444

- Импульсы (м). См. также *Импульсные методы*, *Импульсные устройства* для взрыва, см. *Иницирующие взрывчатые вещества*
- перенос 4/829–831, 870, 1066
- удельный единичный ракетного топлива 4/342
- Импульсные методы.** См. также *Импульсные устройства*
- калориметрия 2/577
- лазерные 2/5, 431, 623, 1116, 1119–1122, 1124–1126; 3/143, 189–191, 209, 653
- полярография 4/127
- радиониз 2/430, 503, 552; 4/292, 295, 462
- релаксационные 4/462
- спектроскопия 1/4; 3/209, 653; 4/795
- струевые кинетические 4/462
- температурного скачка 4/462
- ударных труб 4/462
- фотолиз 2/431, 623; 3/141, 143; 4/301, 304, 462; 5/333, 358
- ядерный магнитный резонанс 5/1027, 1030
- Импульсные устройства**
- лазеры 2/431, 867, 1120–1122
- реакторы 2/190
- трансформаторы 2/430
- Имураи 1/64; 2/426, 605
- Инвариантность системы 5/98, 99
- Инвары 2/261, 262, 1243
- Инверсионная вольтамперометрия** 1/810; 2/916
- Инверсия**
- комбинационного рассеяния 2/867
- маркусовская область 5/339
- «масштабного фактора», см. *Коррозионная усталость*
- населенности энергетических уровней 2/1115–1118, 1239; 5/446
- пирамидальная 3/1036, 393, 1037; 2/620, 907–909; 4/390. См. также *Политонные перегруппировки*
- сахарозы 4/581, 582
- симметрии молекул 2/128, 129, 144, 1066, 1067; 4/686–688, 690–692
- фаз и струйный режим 4/987
- электропереноса 5/898
- Иниертата 4/582
- Инвертные эмульсии** 5/948, 949, 951
- Инигирующие средства** 4/812, 868; 5/406, 408, 740
- Инигибирование** 5/218
- Инигибитор(ы)** 2/431; 5/166, 570, 571
- аллостерические 1/1152
- антагонизм 2/433
- ацетиленовый 2/141
- внеконкурентные 2/434
- гидратообразования 1/897, 912
- деструкции и старения полимеров 1/527; 2/1256; 4/814–817
- древесносмоляной 2/226, 227, 375, 1165
- ионогенные 2/435, 436
- контактные 2/436
- коррозии 2/434, 84, 116, 118, 123, 321, 322, 357, 435, 436, 694, 717, 952; 1/18, 19, 315, 342, 402, 524, 769, 867, 1071, 1210; 3/277, 303, 304, 357, 390, 512, 523, 683, 717, 718, 724, 1087, 1088; 4/580, 770, 789, 935, 1113, 1156, 1251; 5/367, 632, 979. См. также *Антикоррозионные присадки*
- летучие 2/436
- митоза 1/1026, 1027, 1030
- накипи 3/511
- неконкурентные 2/434
- пассивирующие 1/1065; 2/321
- период индукции 2/432, 433; 3/954
- прогоркания жиров 2/305
- реакций гетерогенно-каталитических 2/433, 661
- горения 1/335, 336, 704–706; 2/432, 433; 3/648, 649. См. также *Пламя*
- индикаторных 2/757
- нецепных 4/814, 815
- окисления 2/226, 434; 5/685, 686. См. также *Антиокислительные присадки*, *Антиоксиданты*
- полимеризации 1/114, 118, 235, 640, 641; 2/434; 3/745, 838; 4/304, 307, 311, 869; 5/124, 146, 221
- ферментативных 1/40, 41, 341, 417, 475; 2/433, 434, 474, 635, 661, 735, 1194; 3/400, 595, 596; 4/519; 5/148, 153
- цепных 2/432–434, 756; 3/545
- репликации 3/927
- роста растений 1/15; 4/428, 429
- свертывания крови 2/1195
- синергизм 2/433
- тканевого дыхания 3/670; 4/541
- транскрипции 3/927
- фотосинтеза 1/193, 1026, 1027, 1029, 1030, 1032, 1033
- Инголда (Ингольда) правила 2/128
- Инголда–Торпа эффект 3/1026
- Индазол(ы) 2/436, 437; 4/1250
- Индалон 4/494
- Индамны 2/437, 438; 1/75; 3/676; 4/1116; 5/530
- Индан(ы) 2/438, 439, 440; 3/127, 292, 463
- Индадионы 2/438, 342, 439; 3/529, 557; 5/536
- Индано[2,3-d]-1,3-диоксан 2/455, 456
- Инданолы 2/438
- Инданолы 5/793
- Индан-5-сульфокислота 2/438
- Индан-4(5)-сульфохлориды 2/438
- Индантрены 2/1095; 3/390, 1125
- 1,2,3-Индадион, гидрат 3/488
- Индантрои 2/439, 440, 976, 1094; 1/240; 3/1016; 4/73, 74
- Индантроновый синий 3/1016
- Индаты 2/453, 454
- Индацид 4/219
- Индекс(ы)**
- ароматичности 1/378
- Вайберга 3/235
- вязкости 3/462, 463, 465
- дизельных, топлива 1/307; 5/646
- Йенеке 3/188
- кислородные 2/649
- Ковача 1/910, 919; 2/609; 5/622, 623, 626
- кристаллографические 2/1065
- Миллера 2/189, 1065; 5/894
- насыщения воды 1/771
- реакционной способности 3/783; 4/420, 421
- температурный 4/1085
- топологические, молекул, см. *Графовая теория*
- усвояемости удобрений 2/619
- Индан 2/440, 438, 455, 591, 777, 1101; 1/236, 372, 709; 3/82, 122, 127, 444; 4/969; 5/736, 785
- Инденильные соединения** 5/713, 763
- Инденкарбальдегид 3/684
- Инденкарбоновая кислота 5/340
- Инден-кумароновые смолы 1/630, 636; 2/377, 440, 594, 673, 808, 846, 1101, 1320; 3/1116, 1264; 4/444, 445
- Индерал 1/298
- Инджей-бутил 1/645–647
- Индия индивидуальные взрывчатые вещества 1/607
- Индия индивидуальные средства защиты 2/10, 220, 221, 323–325; 3/867; 4/288, 319
- Индиго 2/440, 331, 347, 441–443, 450, 456, 747, 974, 976, 977, 980, 999, 1093, 1156; 1/31, 231, 305, 306; 3/785, 786; 4/1129; 5/584
- Индиго-5,5'-дисульфокислота 2/442, 443
- Индигозоль 2/441
- Индигодиновые красители 2/441, 347, 442, 976, 980, 1093, 1156; 1/419; 3/786; 4/1130
- тиониндигоидные, см. *Тиониндигоидные красители*
- Индигокармин 2/442, 441, 443, 448, 768; 3/1089
- Индиготетрасульфоновая кислота 2/450
- Индий 2/443; 4/431; 5/937
- амальгамы 1/222, 223
- антимонаты 2/77; 4/944
- антимонид 2/452, 445, 702; 1/332; 3/776; 4/109, 110, 115, 117, 118, 948
- арсенид 2/452, 445, 453, 1043, 1124; 1/385; 3/305; 4/102, 109, 111, 112, 118
- бромиды 2/444
- гидроксид 2/443, 453, 454
- гидроксисульфат 2/443
- гидросульфаты 2/443
- интерметаллиды 2/478, 480, 481, 484; 4/556
- иодиды 2/444
- комплексоанаты 2/872
- нитраты 2/443, 444, 453, 454
- нитрид 3/508, 509
- оксинитрат 2/443, 444
- оксиды 2/453, 443–445, 454, 1228; 4/508
- определение 1/336, 381; 2/136, 445, 451, 710, 1022, 1104, 1217, 1318; 3/124, 169, 1044; 5/335, 719
- органические соединения 2/453, 1083, 1104; 3/62, 81, 314, 713
- ортофосфат 2/444
- получение 1/468, 869, 977; 2/87, 445, 573, 821; 3/413; 5/651, 746, 749, 750, 898
- применение 2/445, 801; 4/103, 106, 115, 1007; 5/915, 920
- свойства 2/383, 443–445; 3/75, 165, 955, 958; 4/152, 349, 813
- селениды 2/444, 445; 4/617–619; 5/893
- сплавы 1/936; 2/445, 801, 1008; 3/753; 4/601, 809, 1180
- сульфаты 2/443
- сульфиды 2/443–445, 1061; 4/585, 637, 910
- таллид 4/584
- теллуриды 2/444, 445; 4/109, 1005, 1023, 1024
- тиоцианат 2/445
- феррит 5/163
- фосфаты 5/251
- фосфид 2/454, 445, 1042; 4/109, 111, 112, 118; 5/257, 363, 925
- фторид 2/444
- халькогениды 2/443–445; 4/109, 547, 585, 617–619, 637, 910, 1005, 1023, 1024
- хелаты 3/713
- хлориды 1/1194; 2/444; 5/16
- цианаты 5/702
- цианид 5/702
- Индийская селитра 1/92
- Индикаторная бумага, см. *Реактивные индикаторные бумаги*
- Индикаторная ошибка 2/447
- Индикаторное вещество 2/756, 757
- Индикаторные атомы 2/460, 461
- Индикаторные реакции 2/756, 757; 5/147–151. См. также *Индикаторы*
- Индикаторные трубки 2/446; 3/847; 5/819
- Индикаторные электроды 2/448; 3/134, 135; 4/127, 128, 154, 155, 539, 540; 5/915–917
- Индикаторы 2/446, 81, 447–452; 5/116. См. также *Химические методы анализа* и *Индивидуальные соединения*
- адсорбционные 1/362; 2/446, 449, 450, 1083, 1216, 1217, 1230, 1231; 4/530; 5/19, 522, 523, 957
- биологические, см. *Биологические методы анализа*
- буквенно-цифровые 2/289
- бумажные, см. *Реактивные индикаторные бумаги*
- взрывоопасных сред 3/1190
- аляжности 2/823, 824
- внешние и внутренние 2/205
- довзрывных концентраций, см. *Сигнализаторы горючих газов*
- изотопные 2/384, 25, 244, 273, 370, 381, 382, 385, 562, 1038; 1/459, 537; 3/141, 148, 245, 605; 4/182, 300, 327, 328, 335, 339, 467, 565, 723, 1220; 5/1023
- как трассеры 4/1244, 1245
- кислотно-основные 1/787; 2/443, 446–450, 770, 887, 1057, 1083, 1090, 1091; 2/1216, 1217, 1231, 1271; 3/124, 272, 387, 523, 562, 563; 4/398, 530, 569, 936; 5/19, 20, 66, 140, 379, 422–424, 619, 796, 819, 957; 5/66, 140, 379, 457, 619, 796, 819
- комплексометрические 2/446, 450–452, 870, 871, 1235; 3/124, 705; 5/128, 379
- константы равновесия 2/446, 447
- люминофесцентные 2/1216, 446, 448, 449, 452, 1155, 1217, 1218, 1227, 1228; 4/530, 569; 5/957
- металлохромины 2/451, 452, 822, 1090, 1231; 3/113, 272, 1044, 1058; 4/569, 936, 972, 1221; 5/274
- на носителях, см. *Индикаторные трубки*
- нейтральные 2/447
- необратимые 2/450
- обратимые 2/449, 450, 455
- окислительно-восстановительные 2/142, 182, 205, 437, 442, 443, 446, 450, 455, 460; 3/113; 5/118, 531
- паров ртути 4/550
- переход окраски 2/447, 448, 450, 451
- помутнения растворов 2/449
- реакции 2/756, 757
- свободных радикалов 4/304
- селективные 2/451
- теплого излучения, см. *Пирролектрики*
- точки росы 4/539
- тропеолиновые 5/19, 20
- универсальные 2/451
- флуоресцентные 1/112; 2/452, 731, 1083, 1216–1218; 3/272, 387. См. также *Флуоресценция*
- хемилюминесцентные 2/1216, 1218, 1224, 1230
- химические элементы 1/1016
- цветные 2/221, 447, 448, 1083, 1099. См. также *Цветные реакции*
- чувствительность 2/447
- шума 5/924
- электрохемилюминесцентные 2/1224, 1230
- электрохромные 4/1107
- Индит 2/443
- Индий, N-оксид 3/1082
- Индонилины 2/454, 455; 3/471, 694; 4/1116; 5/124, 530
- Индоксен 1/491
- Индоксан 2/455, 456
- Индоксил 2/456

- Индол(ы) 2/456, 238, 457–460, 591, 593, 595, 699, 700, 964, 974, 980; 1/35, 63, 77, 264, 416, 422, 423, 567, 1073, 1083, 1203; 3/110, 131, 398, 408, 409, 458; 4/234, 341, 531, 652, 917, 1111; 5/1, 122, 197, 423, 1042, 1060
алкалоиды, см. *Индольные алкалоиды*
- Индоль 2/455, 456
- Индол-3-ацетальдегид 3/619, 620
- Индоллацетонитрил 4/653
- Индоленин 4/712, 713
- Индоллизин 1/147; 5/117
- Индоллины 2/964; 5/778
- 3*H*-Индоллий-катионы 2/456
- β -3-Индоллиаланин 5/1
- β -(3-Индоллил)- α -аминопропионовая кислота 5/1
- (3-Индоллил)ацетальдегид 1/416
- (3-Индоллил)ацетил-L-аспарагиновая кислота 1/416
- (3-Индоллил)-D-глюкоза 1/416
- Индоллиалкиламины 4/326, 327
- 1-(Индол-3-ил)-3-глицерофосфат 3/619, 620
- (3-Индоллил)карбальдегид 1/416
- 4-(3-Индоллил)масляная кислота 1/416; 4/429
- 1-(4-Индоллил)-3-изопропиламино-2-пропанол 3/1026
- (3-Индоллил)пировиноградная кислота 1/416
- 3-(3-Индоллил)пропионовая кислота 1/416
- Индоллил-радикалы 1/957
- (3-Индоллил)уксусная кислота 1/416, 1026; 4/219, 429, 653; 5/715
- β -(3-Индоллил)этанол 1/416
- β -(3-Индоллил)этанолламин 1/416
- 2,2'-бис-Индоллид 2/440, 441
- 2,3-Индоллидин 2/346, 347
- 3-Индолкарбальдегид 5/1
- Индолпирuvat 3/619, 620
- 2-Индол-2'-тионафенид 2/441, 442
- Индольные алкалоиды 2/457, 458–460; 5/520, 524, 967, 968, 1051, 1052
- аймалит 1/105, 106
- бручин 1/619
- буфотенин 1/653, 654
- резерпин 4/439
- стрихин 4/873, 874
- элокапирдин 1/148
- Индометацин 2/457; 4/219, 1194
- Индопан 2/457; 4/267, 268
- Индорафин 1/48, 49
- Индофениновая реакция 4/621, 1120
- Индофеноксил 1/371; 4/302
- Индофеиолы 2/460, 437; 5/530, 531
- Индохромоген C 4/1117
- Индуктивно-связанная аргонная плазма 2/1312, 1318
- Индуктивный эффект 2/460, 300, 461, 642, 813, 940, 941; 1/140; 3/16, 17, 551, 699, 787, 932, 1044; 4/126; 5/904, 905
- Индуктомерный эффект 2/461
- Индукционные приборы (устройства) датчики давления 2/1284
- печи 3/999
- пылемеры 4/280
- Индукционный эффект, см. *Индуктивный эффект*
- Индукция
- период 3/954; 5/685
- действия ингибиторов 2/432, 433; 3/954
- для цепных реакций 2/754; 4/670
- окисления бензинов 3/447
- теплового воспламенения 1/828
- химическая, см. *Сопреженные реакции*
- Индублины 2/462, 302, 980; 3/471; 4/800; 5/116
- Индустриальные масла 2/463, 676; 4/725, 726
- и смазки 3/1125, 1126
- редукторные 4/438, 439, 440
- Индублибельные ферменты 3/503
- Индублированные процессы дезактивация 5/351
- химическая поляризация ядер 5/458–460
- Инезизн 5/451
- Инертитинг 2/596
- Инертные соединения
- газы 3/82, 83. См. также *Благородные газы*
- как носители в радиохиимии 3/583, 584
- растворители 1/1140
- свободные радикалы 4/301
- Инерционные аппараты
- грозоты 1/1205–1207
- жалюзийные 2/613, 614
- каплеуловители 2/613, 614
- пылеуловители 4/282, 283, 285, 286
- сепараторы 1/931
- центрифуги 5/675, 676
- Ижежонные устройства 3/532; 4/1062
- компрессоры 2/885
- лазеры 2/1116, 1118, 1119, 1120
- насосы 3/342
- прессы 4/6
- Ижежерная энзимология 2/463, 464; 3/155; 5/157
- Инициаторы 2/466. См. также *Иницирование, Иницирующие присадки взрывов, см. Иницирующие взрывчатые вещества*
- кариогены 2/604, 605
- окислительно-восстановительные 4/305
- полимеризации 1/632, 633, 648–650; 2/464, 581, 653, 1266; 3/978; 5/7. См. также *Катализаторы полимеризации, Полимеризация радикальные* 2/464, 285, 465, 466, 673, 697, 698, 706, 754, 810, 1016, 1126, 1204; 1/632, 633; 3/114, 181, 516, 678, 745, 838, 839, 977, 1196, 1230, 1233, 1266; 4/43, 301, 305, 308, 669, 670, 918, 938, 969, 1026; 5/571, 683, 691, 692, 950. См. также *Карбония металлов, Пероксидные соединения органические*
- теломеризации 2/464; 4/1027
- хиральные 4/1027
- Иницирование (инициация) 2/466, 38–40
- в звуковых полях 5/59–62
- репликация 4/495, 496
- под действием света, см. *Фотохимические реакции*
- транскрипция 4/1229–1231
- трансляция 4/1231–1236
- цепных процессов, см. *Инициаторы, Цепные реакции*
- Иницирующие взрывчатые вещества 2/466, 47, 467; 1/72, 607, 705, 706; 3/1020
- гремучая ртуть 1/1202; 2/466, 467; 4/549
- свинца азид 4/597, 1082; 1/72; 2/466, 467
- тринитрорезорцинат 4/603, 1266; 2/467
- тетразен 4/1098, 1099, 1100; 2/467
- циануртриазид 4/1250
- Иницирующие присадки 2/103; 4/174
- Инказан 1/325, 326
- Инкапсулянт 2/467
- стафилококковый энтеротоксин 4/832, 833; 2/467; 3/846
- фенциклдин 3/845, 846
- хиноклидин-3-бензилат 5/536; 2/467; 3/843, 844; 4/269
- Инкапсулирование 2/422
- Иноконгруэнтное плавление 2/60, 61; 3/1091
- Иноконель 3/482
- Инокременты рефракции 4/514, 515
- Инозин 1/290, 291; 3/174, 598; 4/1239
- Инозиновая кислота 1/43; 3/156, 1090
- Инозитолинкотинат 1/1118
- Инозитолы 5/714, 715
- Инозитфосфатиды 4/379; 5/271, 272
- Инозитфосфаты 2/696; 3/615, 616; 5/715
- Инозиты 1/750; 2/1233; 3/723; 5/269, 271–273, 314, 714, 715
- Инозозы 5/715
- Исектициды 2/468, 469–475, 1334; 3/563, 675; 4/1250; 5/88, 146, 161, 278, 416, 421, 588, 709, 749, 1046. См. также *Пестициды*
- гормональные 3/994
- как биоциды 1/559
- как ингибиторы ферментов 2/474
- как синергисты 4/695
- карбаматы 1/106; 2/473–475
- клешевые, см. *Исектоакарциды*
- ларвициды 2/468, 1148
- овциды 2/468
- от моли 2/474; 3/373
- от нематод 2/468; 3/405
- природные 2/468, 469. См. также *Пиретрины, Пиретроиды, Ротенон, Ювеноиды, Яды животных*
- товарные формы, см. *Пестицидные препараты*
- фосфорорганические 1/106; 2/470–475, 1274; 3/558, 1077
- фумиганты, см. *Фумиганты*
- хлорогантические 2/469, 470, 475; 3/72. См. также *Гексахлорциклогексан, ДДТ*
- Исектоакарциды 1/106; 2/468, 469, 471–473, 1005; 4/742, 926
- Инструментальные сплавы 2/260, 261; 4/808; 5/760
- Инструментальный анализ 1/120; 5/172, 490, 498, 819, 932, 933
- Инсулин 2/475, 325, 476, 477, 619, 620, 696; 1/291, 327, 395, 471, 482, 552, 553, 559, 747, 1000, 1126, 1132, 1154, 1156, 1171, 1172; 3/199, 212, 626, 929; 4/35, 517, 758, 1170; 5/121, 271, 768, 1036
- Инсулиназа 2/476
- Интал 1/318
- Инталлок-насадки 3/338
- Интегрин 3/923
- Интеграл(ы)
- Больцмана–Вольтерры 4/485
- молекулярные 3/222, 223, 390, 468; 1/1066; 2/723, 1210; 4/119, 120, 122; 5/876
- столкновений 1/925
- объемный 3/628
- статистические Гиббса 4/824, 825
- Фурье 2/720
- электронно-ядерного взаимодействия 3/222
- Интегральные параметры
- молекулярные признаки 3/231
- сечение реакции 1/547, 548
- тепловые эффекты 4/1036, 1037
- теплота адсорбции 1/55
- Интегральные соединения (материалы)
- белки 3/49, 50, 52, 53
- пенопласты 3/904, 328, 902, 905
- Интегральный закон регулирования 1/24
- Интегрирование ионного тока метод 2/1317
- Интен 1/631
- Интенсивные параметры состояния 3/882, 883
- Интервал(ы)
- доверительный, см. *Метрология химического анализа, Обработка результатов экспериментов*
- перехода окраски индикаторов 2/447, 448, 450, 451
- стеклования 4/835, 842, 843
- Интеркалаты 2/477, 798; 3/96, 250, 295, 394, 395; 4/584, 791, 793, 1024
- Интеркаляция 2/477; 3/394, 395; 4/1024. См. также *Интеркалаты*
- Интеркалаты, см. *Интеркалаты*
- Интеркомбинаторная конверсия 2/727, 729, 907, 909, 913, 1220, 1223; 3/288; 5/350, 352
- Интерлейкины 2/477, 427, 428, 478, 875
- Интермедийны 2/478, 101, 128–130, 313, 372, 419, 511, 525, 534, 628, 752, 810, 830, 848–850, 874, 919, 931, 932, 966, 1034; 1/43; 3/602–604, 607, 668, 669, 736, 737, 975, 1022–1024; 4/46, 47, 148, 176, 403, 414–416, 525, 610, 728, 729, 909, 917, 932, 933, 1017, 1018, 1134; 5/58, 156, 737, 738, 907. См. также *Переходное состояние*
- и механизмы реакций 3/143
- Майзеихаймера, см. *Майзеихаймера комплексы*
- Узлава 2/314
- Интерметаллиды 2/478, 55, 56, 272, 479–486, 560, 1146, 1153, 1201, 1234, 1331; 1/208, 813, 1164; 3/73, 96, 147, 165–167, 348, 482, 484, 494, 753, 757; 4/575, 601, 639, 711, 875, 1181; 5/4, 104, 162, 926. См. также *Металлические соединения, Твердые растворы*
- гидриды 1/784, 787, 1081, 1082; 2/13, 477, 486, 642; 3/415
- двойные, см. *Курикова соединения*
- Лавеса фазы, Юм-Розери фазы и степень окисления 4/848
- икосаэдрические 2/485. См. также *Квазикристаллы*
- как магнитные материалы 2/486, 1240, 1242, 1243
- как сверхпроводники 2/486; 4/584
- как фазы Макарова 2/478, 479
- в сплавах 2/249, 250; 4/806. См. также *Амалы*
- меркуриды 4/548, 549
- номеиклатура 3/576
- плотная упаковка 2/480; 3/75, 1142
- Интермономы 4/763
- Интернит 4/579
- Интерполимеры 3/54, 202; 4/19, 20
- Интерференционные материалы 4/332
- Интерферометры 1/916; 2/49, 492; 4/514; 5/435
- Интерфероны 2/486, 427, 428, 477, 487; 1/470, 472, 552, 980; 3/212; 4/218
- Интон 1/635
- Интрадекс 2/1078
- Интралиид 2/1078
- Интрамолекулярный дневной синтез 4/1227
- Интрон 4/810–812
- Интроскопия 2/49
- Интузивные горные породы 4/561
- Интузия 4/6
- Инулины 5/374, 375
- Инифитизмальные процессы 3/935
- Инифитное движение микрочастиц 2/719

Информационно-понсковые системы 2/487, 488–490, 493; 1/1199; 5/478, 511

Информационно-потоковые графы 1/1199–1201

Информационные РНК 1/1009, 1012. См. также *Матричные рибонуклеиновые кислоты*

Информосомы 2/1323, 1324; 3/599

Инфразвуковые аппараты 2/490, 491, 492; 5/60, 824

Инфузолипол 2/1078

Инфракерметы 2/736

Инфракрасная спектроскопия 2/492, 44, 45, 384, 493, 494, 623, 644, 712, 852–854, 865, 866; 1/888, 889; 3/209, 220, 231, 459, 797, 798; 4/780–785, 882; 5/33, 546, 658

Инфрахроматические фотоматериалы 4/624, 625; 5/317, 320

Иксофена реакция 5/1000

Иньонит 2/583, 584

Иод 2/494; 1/339, 340; 3/573; 5/937, 1007

бромиды 2/495, 498, 697; 3/11, 12; 4/584, 585

илиды 2/409, 410

как метаболит 3/623, 624

как микроэлемент 2/498; 3/160, 161

клатраты 2/798, 988

комплексы молекулярные 3/19, 224, 225; 4/1122

– полимерные 3/1228, 1229

нитрат 2/495

оксиды 1/970, 1122; 2/851; 3/334; 5/68

определение 1/468, 894; 2/449, 496, 710–712, 896, 1083, 1217, 1218; 3/751; 4/159, 396; 5/957

перхлорат 2/495; 3/986

получение 1/1019, 1175; 2/496, 569, 1053; 3/323, 357, 413, 677, 871; 4/350, 892

применение 2/432, 496, 634, 1226; 4/106, 227, 550; 5/554

свойства 1/338, 412, 452, 768, 841, 1015, 1020, 1122, 1178, 1179; 2/28, 29, 31, 282, 384, 387, 494–496, 505, 522, 711, 793, 810, 1181; 3/142, 165, 170, 293, 346, 389, 565, 569, 576, 584, 602, 603, 605, 818, 955, 958, 1227; 4/152, 236, 320, 321, 331, 334, 337, 338, 349, 396, 512, 515, 718, 741, 813, 820, 872, 915, 922, 1105, 1135, 1137, 1162, 1163, 1171, 1189; 5/116, 68, 126, 132, 142, 145, 196, 568, 608, 722.

См. также *Иодирование*

соединения межгалогенные 1/745; 3/1237, 1238; 4/548, 559

– органические 1/452; 2/140, 495; 3/765, 914

сульфат 2/495

тиоцианат 2/495

фосфат 2/495

фториды 1/949, 950, 966–968; 2/495, 496, 1089; 3/981

хлориды 1/241, 1193; 2/18, 492, 498, 697; 3/11, 12, 346, 603, 969; 5/553

Иодазид 1/93

1-Иодатрахинон 1/943, 945; 2/494, 635

Иодатометрия 1/1073; 2/495, 499. См. также *Иодометрия*

Иодаты 2/495, 496; 3/166

Иодацетамид 1/194

Иодацетилены 2/550

2-Иодбензиллид 5/419

o-Иодбензойная кислота 4/1137

Иодбензол 2/496, 497, 498; 3/721; 4/1095

n-Иодбензолсульфокислота 2/497

3-Иодбензил 4/1095

Иодбутан 3/705

7-Иод-8-гидроксифенол-5-сульфо-кислота 3/714

Иоддисиланы 2/1053

Иоддиолорбензол 2/497

Иодиды 2/10, 495–497, 1277; 3/166, 323, 530, 677, 774–776, 969; 4/554; 5/195, 762. См. также *Галогениды*, *Элементы химические*

Иодиоцианат 1/69

Иодил 3/577

Иодилбензол 2/497, 498

Иодиметрия 2/499

Иодимид 3/576

Иодинин 2/975

Иодиноп 3/1228

Иодирование 2/497, 646, 1033; 3/161, 738, 813, 814, 981, 1025; 4/1170, 1171; 5/13, 195

Иодистоводородная кислота 1/970; 2/585, 598, 784; 3/576, 796, 1025, 1029, 1030; 5/1007

Иодистый водород 2/497, 6, 147, 279, 650, 786, 948, 1108, 1142; 1/193, 650, 786, 948, 1084, 1178; 3/78, 253, 576, 950, 977; 4/152, 898, 1091, 1204

Иодистый метил, см. *Иодметан*, *Метилиодид*

Иодистый метилен 3/113

Иодметан 1/654; 3/703, 705, 709, 1035, 1078; 4/37, 146, 273, 467, 672, 976, 1122, 1147, 1252. См. также *Метилиодид*

Иодметилаты 4/1122; 5/948

Иодметилирование 5/567

Иодметилкетон 3/814

Иодная кислота 1/199, 639; 2/495, 647, 747, 988, 1270, 1271; 3/269, 739; 4/642

Иодоватая кислота 1/137, 138; 2/495, 1271; 3/657, 1060; 4/159; 5/68, 659

Иодиоватистая кислота 2/495

Иодное число 2/497, 304, 306, 498, 660; 3/397, 1186; 4/378, 380, 573; 5/25

Иодные воды 3/170

Иодные лазеры 2/1119

Иодные удобрения 2/498, 870

Иодобромосеребряная фотобумага 1/624

Иодоводород, см. *Иодистый водород*

Иодозил 3/577

Иодозилбензол 2/497, 498

Иодозобензол 2/498, 496, 497

Иодокарбораны 2/651

Иодолефины 5/398

Иодометрия 2/498, 496, 499, 1180; 1/1073; 3/8, 365, 539, 758, 796, 797, 978; 4/45, 1021, 1056, 1149, 1189; 5/68, 133, 223, 388, 554, 976

Иодонат 2/18

Иодония соединения 1/957–959; 3/1164

Иодоацетиды 3/872

Иодосипи 4/538

β-Иодоспирты 1/960

Иодофенилловый синий 2/1108

Иодоформ 1/338, 452, 948, 970, 971; 4/340, 803; 5/955

Иодофоры 1/452; 2/18

Иодоформная реакция 1/971

Иодохлоробромосеребряная фотобумага 1/624

5-Иод-2-пиридин 3/710

β-Иодпропеновая кислота 3/881

Иодсиланы 2/1029. См. также *Кремний*, *Иодиды*

N-Иодсукцинимид 1/951, 952

Иод-серый цикл получения водорода 1/786

Иодтиофен 4/1157

Иодтрифетометан 3/556

Иодуксусная кислота 1/42; 3/881

4-Иодфенацилбутират 2/1295

4-Иодфенилпентановая кислота, этиловый эфир 4/478, 479

N-Иодфталмид 1/951, 952

7-Иод-5-хлор-8-гидроксифенол 4/230

Иодциан 1/968, 969; 2/282, 495

Иодэтан, см. *Этилиодид*

Иоксинил 1/1027

Иомезан 4/225, 226

Ионены 3/1211

Ионизационная изомерия 2/369, 930

Ионизационные потери 2/500

Ионизационные приборы

вакуумметры 1/663, 664

газоанализаторы 1/894–896; 4/666

газоразрядные счетчики 1/978; 2/220; 4/329, 330, 1111

датчики давления 2/1284

детекторы 2/43, 44, 1314, 1315; 4/326, 329–331

дымные извещатели 4/667

камеры 2/220, 1315, 1316; 4/329

лазеры 2/1119, 1124

лазосы 3/343, 344

хроматографы 2/506, 507

Ионизация 2/158, 664, 755, 778–781, 1311; 3/602, 603, 830–832; 4/295–298

в атмосфере и на Солнце 2/217, 532; 3/1189

в звуковых полях 5/61

в электрических разрядах 2/1311, 1312, 1318

внутренних электронов 2/727

газов, см. *Ионы в газах*

десорбционная 2/1311

диссоциативная 2/524, 528; 3/1102

и кислотность 5/423

и масс-спектрометрия 2/1308–1318

и механические воздействия 3/146

и мономолекулярный слой 3/261

и полимераналогичные превращения 3/1263

и рекомбинация 3/1094; 4/450

и симметрия молекул 4/690

и туннельный эффект 5/28

и ударные волны 5/52

и электроосаждение 4/283

излучениями, см. *Ионизирующие излучения*

кислотно-основная 2/771–774; 3/830–832

лавинная 2/208

как электролитическая диссоциация 5/856, 857; 2/158

лазерная 2/1121, 1311

и неравновесная кинетика 3/427–429

одно- и многофотонная 2/1311; 3/239

объемные эффекты 1/1216

Пенинга 2/529

плазми 2/530, 532; 5/335

поверхностная 2/1312; 4/152

полевая 2/1311; 5/629

потенциал(ы) 4/151, 121, 122, 152, 153, 813; 2/526–528, 1104, 1309, 1311, 1312; 3/31, 233, 778; 5/331, 361, 461

самопроизвольная 3/11

степень 4/1030

фотохимическая 2/4, 5, 1311. См. также *Фотоионизация*

химическая 2/1310, 1311; 3/141; 5/629

электронным ударом 2/628, 1309–1311; 4/151; 5/629

электрохимическая 5/839, 847, 854, 910, 911

энергия 2/501, 526; 4/151–153; 5/331

Ионизирующие излучения 2/499, 43, 45, 500–503, 508, 537, 704, 777, 822, 1038; 1/119–121, 755, 1178, 1179; 3/297, 298, 402–404; 4/315, 316, 321, 322, 325, 326, 329–332.

действие на людей, см. *Радиационная защита*, *Радиоактивные средства*, *Радиоактивные отходы*

– материалы, см. *Радиационная стойкость*

дифракция, см. *Дифракционные методы*

дозы 2/216, 217, 219–221, 1227; 4/288, 289

и дефекты в кристаллах 3/214

и люминесценция 2/1218–1220; 4/329

и мутации 3/296–298

и неравновесная кинетика 3/429

и радиационная химия 4/291, 292, 336

и радиационно-химическая технология 4/292–295

и радиационно-химические реакции 2/501; 4/289, 292–298, 329

и радиография 4/325, 326

и радиоэкология 4/337, 338

и состояние вещества 2/1060

и фотодиссоциация 2/158

импульсные 2/430

индикаторы 2/583; 4/327, 328

источники 2/244, 501–503; 4/192, 331, 332; 5/24

качество, коэффициент 2/216, 217

мессбауэровское 2/189, 191

радиометрия 4/329, 330, 331; 2/1227

синхротронное 4/706

Черенкова–Вавилова 4/329

энергия 2/499

Ионий 4/323–325

Ионит 4/731

Иониты 2/503, 295, 504, 518, 519, 1268; 1/60, 771, 772; 3/57, 860, 1211; 4/84, 466. См. также *Ионный обмен*, *Ионообменники*

в хроматографии 2/518, 519

мембранные, см. *Ионообменные мембраны*

ионообменные 4/557; 5/655, 656.

См. также *Цеолины*

органические, см. *Ионообменные смолы*

регенерация 3/638

редоксные 3/662, 663

тромборезистентные 2/505

хемосорбирующие 5/447

Ион-молекулярные комплексы 2/505; 3/18, 19

Ионная атмосфера раствора 2/7, 8. См. также *Дебая–Хюккеля теория*

Ионная имплантация 2/251, 485, 505, 1154, 1155; 3/421, 1103, 1105; 4/117. См. также *Легирование*

Ионная полимеризация 2/284, 464, 755, 1101, 1266, 1267; 3/743, 838, 839, 1211, 1267, 1269; 4/28, 969

анионная 1/308; 3/1224, 1229, 1251, 1269

катионная 2/697, 698, 699; 3/1224, 1226, 1244, 1267, 1269

координационно-ионная 2/920, 921, 922

твердофазная 4/1000

Ионная связь 2/506, 71–74, 109, 234, 235, 527, 775, 832, 904, 991, 1000; 3/73, 80, 81, 164, 392, 415, 478–485, 508, 509, 698, 719–722, 764, 765; 4/127, 437, 447, 674, 745, 994; 5/461, 463. См. также *Ионные соединения*, *Химическая связь*

Ионная сила

раствора 2/7; 4/78, 187, 188; 5/153

элемента 2/295

Ионная хроматография 2/506, 295, 507, 519; 1/1067

Ионное произведение воды 2/448

Ионно-ковалентная связь 2/479; 3/698; 4/674, 909, 910

- Ионно-металлическая связь 2/478
Ионно-координационная полимеризация, см. *Координационно-ионная полимеризация*
Ионно-молекулярные реакции 2/508, 531, 532, 1310, 1314, 1316; 3/1102, 1103; 4/152, 297, 421, 813; 5/331, 742, 953. См. также *Ионы, Масс-спектрометрия*
Ионные методы 1/916. См. также *Ионизация*
диэлектрическая 2/220
интегрирование тока 2/1317
лазерная десорбция 5/742
литография 5/334
микроанализ 2/511, 512; 3/431
отложение 2/1149, 1152
селективное детектирование 5/629
спектроскопия масс, см. *Масс-спектрометрия*
– рассеяния 2/507, 508, 1212
фотодиссоциация 3/141
циклотронный резонанс 2/524, 620, 777, 1314; 3/141, 142; 5/741, 742
Ионные пары 2/511, 50, 56, 248, 295, 313, 516, 525, 621, 698, 771, 773, 873, 1203, 1236; 4/783, 784, 1092; 3/349, 816, 1269; 4/298, 309, 372; 5/367, 368, 423, 424, 857, 939
Ионные процессы 2/531, 532. См. также *Ионизация, Ионизирующие излучения*
адсорбция 1/59, 60
диффузия 2/199, 200
миграция химических элементов 1/1018, 1019
окислирование 3/696
плазменные 3/334, 696; 4/1223. См. также *Плазма*
распыление 3/334
травление 2/1212; 4/483, 1223
флотация 3/420, 860, 898; 5/206
эмиссия вторичная, см. *Вторичные процессы*
– электронная 3/97
Ионные радиусы 1/411; 2/7, 511, 527, 1063, 1064; 3/413; 4/374, 375, 432
Ионные реакции
анионные, см. *Анионные реакции*
галогенирование 1/954; 3/346
гидратация 1/1076; 2/527
гидрирование 1/1083; 4/1157
гидролиз 1/1098, 1099
замещение 3/580
деалкилирование 2/6
и качественный анализ 2/709–711
индекс реакционной способности 4/420
каталитический крекинг 3/346
конкурирующие 2/897
механизмы 2/764; 3/140
нейтрализация 4/415
нитрование 3/346
обменные, см. *Изотопный обмен, Ионный обмен*
переходное состояние, см. *Интермедиаты, Карбанионы, Карбокатионы*
полимеризация, см. *Ионная полимеризация*
протонирование 4/244, 245; 1/542; 2/419
с гетеролизом, см. *Гетеролитические реакции*
с участием молекул, см. *Ионно-молекулярные реакции*
теломеризация 4/1026, 1027
сольватированного электрона 4/750, 751
фрагментация 5/365
шкелоприосоединение 5/738
Этапа 5/976
Ионные соединения. См. также *Ионная связь, Ионные реакции*
борогидриды металлов 1/590, 591
галогенометаллаты 1/950
гетерополиоксиды 1/1060
гидриды 1/1080
гидрофосфорильные 1/1113
гипохлориты 1/1121, 1122
диазония соли, см. *Диазосоединения*
диоксигенильные 2/136, 137; 3/971
дубильные 2/234
ингибиторы коррозии 2/435, 436
карбиды 2/623–625
карибиды металлов 2/641
катализаторы 2/673, 706
квазифосфонные 5/294, 295
кластеры 2/505, 509, 530, 532; 4/750; 5/742, 863
кристаллы 2/510, 51, 480, 485, 506, 511, 527, 1056, 1063, 1072, 1238; 3/1162; 4/290, 291, 745; 5/462, 856, 861, 894. См. также *Ионофоры, Плотная упаковка*
ксенона 2/1088–1090
курчатовия 2/1107
метинные красители 3/128–131
минералы 3/165, 166
неорганические озониды 3/658, 659, 971
– пероксиды 3/971–973, 975, 979, 980
ониевые 3/764, 765
перхлораты 3/986–989
поверхностно-активные 2/295, 487, 519, 818, 1149–1151; 3/163, 181–183, 600, 1163–1165, 1169, 1170; 5/273, 780, 949, 974
полимеры 2/504, 519–521; 3/54, 662, 663. См. также *Иониты, Ионообменники*
радикальные, см. *Ион-радикалы*
расплавы 4/346; 5/857–859
рацематы 4/390
роданиты 2/1083
смолы, см. *Ионообменные смолы*
собирающие-флотореагенты 5/207, 208
сорбенты 2/503–505, 519–521; 3/420, 662, 663
сульфонные 4/930, 931, 932
триазены 2/70, 71
флюккулиты 5/204
фосфиды 5/256
Ионные теории
Дебая–Хюккеля 2/7, 8; 4/375, 376
кислот и оснований 2/777, 778
растворов 4/374–376
Ионный выход 4/298
Ионный обмен 2/512, 4, 159, 445, 504, 513–515, 527, 536, 553, 701, 859, 1006, 1181, 1299, 1300; 1/772, 773, 868, 1093; 3/244, 475, 662–664, 777, 835, 859, 860; 4/245, 320, 321, 554, 836, 1165; 5/160, 827, 828, 859, 866, 867
Ионогены 4/372; 5/860. См. также *Растворы электролитов*
Ионол 1/334; 2/91, 310; 3/1088, 1126; 4/815, 816. См. также *2,6-Ди-трет-бутил-4-метилфенол*
β-Ионоловые спирты 4/511
Иономеры 2/515, 516; 4/2, 56, 1087; 5/137
Ионометрия 3/48; 4/155. См. также *Ионоселективные электроды, Потенциометрия*
Ионны 2/516, 237, 516–518, 657; 1/740, 741; 4/511; 5/774
Ионообменная хроматография 2/518, 295, 395, 515, 545, 546; 1/475; 3/287, 460, 929; 4/424, 557, 1011; 5/159, 160, 621, 651
без давления 2/507
бумажная 1/625
ионная 2/506, 507, 519; 1/1067
Ионообменники 2/1181; 4/944, 948, 1022; 5/49, 547. См. также *Иониты, Ионообменные полимеры, Ионообменные сорбенты*
Ионообменные мембраны 3/54, 39, 41, 55, 981, 983; 1/772; 2/196, 504, 520; 5/863
Ионообменные полимеры 2/504, 519–521; 3/54, 662, 663. См. также *Иониты, Ионообменники, Ионообменные сорбенты*
Ионообменные смолы 2/519, 202, 504, 520, 521, 616; 1/625; 3/70, 1229; 4/870, 915, 924; 5/137, 138, 704. См. также *Иониты*
адсорбционные 3/662, 663, 1196
амфотерные 1/289; 2/520
анионогенные, см. *Анионообменные смолы*
биоплярные 1/289
гелевые 1/1002; 2/1268
диффузия 2/199
как катализаторы 1/648
как носители клеток микроорганизмов 2/463
как радиоактивные отходы 4/319
карбоксилсодержащие 1/570
катионогенные, см. *Катионообменные смолы*
комплексобразующие 3/1196; 4/612, 613
КУ 2/95
макропористые 2/1267, 504, 520, 701, 702, 1268; 1/289; 3/69
набухание 1/1002
окислительно-восстановительные 3/662, 663; 2/520
СБС 2/95
селективные 4/612, 613; 1/289; 2/520; 5/440
сильноосновные 1/1210
хелатообразующие 5/440; 1/289; 2/521; 4/612
Ионообменные сорбенты 2/503–505, 519–521; 3/420, 662, 663; 5/816. См. также *Иониты, Ионообменники, Ионообменные полимеры, Хемосорбирующие волокна*
Ионопроводящие мембраны, см. *Ионообменные мембраны*
Ионорезисты 5/341
Ионоселективные материалы
мембраны, см. *Ионообменные мембраны*
чувствительные покрытия 4/628
электроды 2/521, 522, 524; 1/561; 4/627; 5/745, 915
Ионосфера 1/399; 2/532; 3/1095
Ионифоры 2/522, 523, 524; 1/552; 3/671, 924, 934; 4/372; 5/860
Ион-парная хроматография 2/295, 297, 519
Ион-парные реагенты 2/295
Ион-радикалы 2/524, 5, 24, 25, 192, 313, 465, 511, 524–526, 561, 663, 872, 873, 931, 1096, 1252, 1309–1311, 1316; 1/491, 542, 869, 1060; 3/25, 72, 100, 224, 225, 531, 545, 652, 653, 666, 788, 980, 981; 4/147, 300, 301, 309, 623, 624, 1107; 5/124, 165, 262, 331, 336–338, 345, 346, 350, 354, 384, 415, 446, 532, 533, 635, 684, 705, 892, 903, 942
Ион-циклотронный резонанс 2/524, 620, 777, 1314; 3/141, 142; 5/741, 742
Ионы 2/526, 158, 299, 527; 3/602, 603. См. также *Ионизация, Индивидуальные представители*
адсорбция и двойной электрический слой 2/1–4
активность 2/710, 711. См. также *Растворы электролитов*
– произведение 4/187, 188, 356; 1/1065; 2/1254
арсония 1/385
быстрые и медленные 2/499, 500, 502, 503, 1212
а атмосфере 2/532
в газах 2/527, 43, 192, 505, 508, 509, 526–532, 1309, 1310; 3/1102, 1103; 4/151, 450
в кристаллах, см. *Ионные кристаллы*
в растворах, см. *Гидратация, Сольватация, Твердые растворы*
валентность 5/926
выходы 4/298
гидридные 1/1079
гидроксидные 1/1092
гидроксильные 1/1097
енолов, см. *Енолят-анионы*
изо- и полиморфные 2/370; 4/23
изомерия 2/369, 930, 979, 980; 4/991, 992
имплантация, см. *Ионные процессы*
как катализаторы 2/673, 674, 770–774; 3/24, 25, 78
как лиганды 1/441; 2/6, 1171, 1172
кластерные 2/505, 527, 793, 794, 796; 4/750
клатратные 2/798
комплексные, см. *Ион-молекулярные комплексы, Координационные соединения*
легкие, см. *Сольватированный электрон*
лиония 1/1097
магнетизм 2/1237–1245
мембранный транспорт 2/522–524
номенклатура 3/573, 575–577
определение 2/345, 346, 521, 522, 709–711; 3/64. См. также *Индикаторы, Ионизационные приборы, Ионные методы, Реагенты, Реактивы*
органические, см. *Интермедиаты, Карбанионы, Карбокатионы*
осколочные 2/1309, 1311, 1316
отрицательные и положительные, см. *Анионы, Катионы*
пары, см. *Ионные пары*
подвижность 5/863–867, 899–901, 923
поляризуемость 3/652; 4/124–126, 745; 5/653, 654
потенциалопределяющие 2/2
проводимость 5/857, 859, 861–863
радикалы заряженные, см. *Ион-радикалы*
радиусы, см. *Ионные радиусы*
рассеяния 2/507, 508, 864
рацематные 4/390
реакции, см. *Ионно-молекулярные реакции, Ионные реакции*
резонанс структур 4/447
связь, см. *Ионная связь*
соединения, см. *Ионные соединения*
состояния метастабильные 2/1316, 1317
– стандартные 4/818
теории, см. *Ионные теории*
циклотронные, см. *Циклотрон-ионы*
числа зарядовые 2/320, 513, 521; 3/47, 1086
– переноса 2/194, 864
энтальпия 2/526
Иоффе эффект 3/1173
Иохимбин 1/48, 49
Ионит 2/254, 270
Ионичная реакция (реактив) 2/532, 85, 533; 1/430, 1205
Ипатьева реакция 5/713
Ипплон 3/1139
Ипридиол 1/325, 326
Иприд(ы) 2/533, 9, 94, 173, 606; 3/843–847; 4/935, 1128; 5/501, 557, 982

азотистые 1/97; 2/604, 605; 3/846; 5/449, 745, 972
 Ипродон 4/247; 5/420
 ИПС, информсистемы 2/487–490
 Ипсо-замещение 2/533, 314, 534, 535, 753
 Иралия 2/517
 Ирландины 2/517
 Иргадермы 1/438
 Иргазины 1/87
 ИРЕА, катоды 2/550
 Иридий 2/535, 536, 537; 1/570; 4/431; 5/937
 гидроксиды 2/535
 оксиды 2/535, 536
 определение 1/117; 2/183, 1057; 3/1133, 1134; 4/184, 530, 531
 органические соединения 2/537, 97, 98, 538, 651; 1/364; 3/78, 79, 534
 осмистый 2/535, 537; 3/823, 1132; 4/532
 платинистый 3/1132
 получение 2/536–538; 3/1133, 1193; 4/561, 562; 5/926
 применение 2/676, 685, 1242; 5/551, 901, 926
 свойства 1/1015, 1093; 2/370, 670, 671, 920; 3/96, 672, 955, 956, 958, 1132, 1134; 4/325, 813; 5/49, 929
 сплавы 2/537; 3/823, 825, 1129, 1130; 4/534, 565
 сульфиды 2/536
 фториды 2/536
 хлориды 2/536
 цианиды 5/703
 чернь 2/537
 Иридийские минералы осмий 2/535
 платина 3/1128, 1132
 Ирридоперионы ионы 3/91
 Иризация 3/1192
 Ирилон 1/697
 Ирисаль 2/538
 Ирисовое масло 2/518
 Ирисол 2/538
 Ироны 2/517, 518
 Ирританты 2/538; 3/843, 844, 846
 Иртраны 3/774
 Ископаемые смолы 5/164
 Искровые разряды, метод(ы)
 ионизации 2/1311, 1312, 1315
 масс-спектрография 4/779
 минерализация органических веществ 3/168
 спектральный анализ 4/776, 777
 Искровые спектры 1/412
 Искры, источник зажигания 3/1189
 Искусственные вещества (соединения, продукты)
 балласты 1/454
 волокна, см. *Волокна искусственные жидкое топливо, см. Альтернативные топлива, Синтетическое жидкое топливо*
 пища 2/538, 539 •
 элементы, см. *Элементы химические эфирные масла* 5/1006
 Искусственный интеллект 2/539, 490, 540; 3/220
 Исландский шпат 2/586, 639
 Исмельин 4/694
 Исмин 1/223
 ИСО, акридин 1/106, 107
 Испарение 2/540, 299, 300, 541–544, 576, 592, 593, 1299; 4/890; 5/15, 102.
 См. также *Выпаривание, Газов увлажнение, Градири, Сушка аппараты, см. Испарители вакуумные* 3/334, 344
 и давление паров 4/1032–1034
 и кипение 2/760–763
 и конденсация 2/607; 4/452, 453, 458, 461, 890
 и масс-спектрометрия 2/1315, 1317

и охлаждение, см. *Испарительное охлаждение*
 и перегонка, см. *Дистилляция*
 и разделение изотопов 2/390
 и термический анализ 4/1057
 и энергия когезии 2/833, 834
 кривая 2/57
 лазерное 4/893
 металлов 2/796, 1035; 3/71
 растворителей 1/9; 3/256
 с поверхности, формы 2/762
 тепловой эффект 2/765
 через мембрану 2/1300; 3/42, 43, 45; 4/461
 энthalпия 4/516, 1034
 Испарители 2/159, 162; 3/1143; 4/453, 458, 1051
 адиабатические 1/853, 854
 насосы 3/344
 скрубберы 1/906, 907
 ячейка Кнудсена 2/1315
 Испарительное охлаждение 1/906, 907, 1183, 1184; 2/542, 543; 5/594, 596–604
 Испаряемость масел 4/167
 пластичных смазок 3/1124–1126
 Испытания
 детонационные 3/725, 726
 квалификационные горючесмазочных материалов 5/517
 конструкций на огнестойкость 3/646, 647
 коррозионные 3/273
 Истинная плотность 3/1145; 4/131
 Истинные азеотропы 1/67
 Исчерпывающее метилрование 1/1181
 Итатонаты 2/544
 Итатоновая кислота 2/544, 516, 1179; 3/1199
 Итатоновый ангидрид 2/544
 Итраконазол 4/228, 229
 Иттербий 2/544; 5/937. См. также *Лантаноиды, Редкоземельные элементы*
 бромиды 4/437
 гидроксид 2/545
 гидроксокомплексы 2/1230
 гранаты 1/1184, 1185
 земля 2/546
 карбонат 2/545
 оксиды 2/545, 546; 4/438
 определение 4/435, 436
 органические соединения 2/545, 1147, 1148
 ортованадат 2/548
 получение 2/546; 4/434, 435; 5/24
 применение 1/1185; 2/546, 1227; 4/436
 свойства 3/957, 958, 961, 1093; 4/432–434, 584
 трицирконат 5/761
 фториды 2/545; 4/436
 хлориды 2/545; 4/437
 цианиды 5/703
 Иттербит 2/548
 Иттралок 3/774
 Иттриалит 2/546
 Иттрий 2/546, 1229; 3/124, 849; 4/710, 1054, 1055; 5/631, 632, 937. См. также *Лантаноиды, Редкоземельные элементы*
 алюминаты 1/206; 2/1123, 1226
 бораты 2/222
 бориды 2/548
 гидрид 1/1081
 гидроксид 2/547
 гранаты, см. *Гранаты иттриевые двойные соли, алюминатные* 1/1184, 1185; 2/222, 223, 1072, 1119, 1123, 1124; 3/256, 410. См. также *Гранаты синтетические*

— барьерные, оксокупрат 2/547, 733
 — галлоинные 2/1226
 — железные 1/1184, 1185; 2/547, 1243; 5/163
 — ториевые 4/584
 — фосфатные 2/1226
 интерметаллиды 2/481
 карбонат 2/547
 никелид 2/481
 нитрат 2/547
 нитрид 2/547
 оксиды 1/1184; 2/222, 546–548, 734, 1226; 3/89, 410, 774; 4/438, 586, 587, 785, 1003; 5/765, 861
 определение 1/121, 139; 2/710, 1090; 3/1058; 4/936
 органические соединения 1/169; 2/547
 ортованадат 1/672; 2/547
 перхлорат 2/547
 получение 1/875; 2/546, 548; 3/89; 4/436; 5/651
 применение 1/331; 2/548, 1242, 1249
 свойства 1/1015; 2/383, 733; 3/949, 955, 957, 958; 4/236, 321, 325, 431, 432, 813
 селениды 4/618
 силикат 2/1226; 4/710
 силицид 3/89; 4/684
 сплавы 5/618
 сульфат 2/547; 3/361
 сульфиды 2/547, 548, 1226, 1227; 4/585
 танталат 4/985
 феррит 5/163
 фосфат 5/281
 фторид 2/371
 хлорид 2/547
 хромит 2/734
 Иттриопироксиды 3/1077
 Иттропаризит 2/546; 4/434
 Иттрофлюорит 2/546; 5/214, 386
 Ифзаниит 1/281
 ИФК, гербицид 1/1030; 4/429
 Ихтиол 1/1177; 4/101
 Ихтиоиды 2/341, 343; 4/541
 ИЭТ 2/408
 ИЮПАК 3/12, 13, 139, 568, 572, 573
 Йелле модификация 4/720
 Йенке метод 3/188; 4/358
 Йогексол 4/478
 Йогликамид 4/478, 479
 Йодамид 4/478
 Йоднапид 4/478, 479
 Йодоксомат 4/478, 479
 Йодолипол 4/478
 Йодпиронид 4/478, 479
 Йокситалямат 4/478
 Йопнагност 4/478, 479
 Йопамидол 4/478
 Йопанат 4/478, 479
 Йоподат 4/478, 479
 Йопронат 4/478, 479
 Йопаламат 4/477, 478
 Йотроксат 4/478, 479
 Йосфидилат 4/478, 479

К

Кабанья-Гофмана эффект 5/330
 Кабачинка-Филдса реакция 2/549, 550; 1/252, 253; 5/276, 278
 Кабельные масла 2/363; 3/446
 Кабосил 2/1027; 4/673
 Каванн 3/1075
 Кавендиша весы 1/685
 Кавитон 3/578; 4/774
 Кавитаты 2/798
 Кавитация
 запас и напор насоса 3/340
 и диспергирование 2/146

и измельчение 2/356, 357; 4/139
 и кипение 2/762
 и конденсация 2/892
 и коррозия 2/951, 952, 956
 и разрушение сплавов 2/1333
 нифразвуковая 2/491
 ультразвуковая 2/146; 3/145; 5/59–61
 Кадаверин 2/81; 3/619, 620
 Кадетрин 3/1041
 Каднан 4/660
 Каднаны 2/26; 4/659, 660; 5/1004
 Кадно-Ходкевича реакция 2/550, 313, 551; 3/1250; 5/1000
 Кадноны 2/550, 553
 Кадматы 2/556
 Кадмий 2/551; 3/849, 857; 4/431; 5/937
 алюминаты 2/552
 амальгамы 1/222, 223; 3/582, 583; 4/975
 амид 1/231, 232
 аммиакокомплексы 2/552, 555
 антимоид(ы) 2/554, 552; 1/331
 арсениды 1/384, 385; 2/552
 вольфраматы 1/823
 галогениды 2/554, 478, 551, 555, 1056; 3/90; 4/24, 46, 618, 835, 910, 1023, 1024
 гидрид 2/552
 гидроксид 2/552, 556
 гидроксополи 2/551, 552
 интерметаллиды 2/295, 481, 483, 1318; 3/348; 4/556; 5/162
 карбонаты 2/178, 551, 552, 555, 637
 нитрат 2/555, 556
 нитрид 2/552
 оксид(ы) 2/556, 551, 555, 557, 767; 3/906, 907, 972, 973; 4/142, 627, 809, 1086; 5/377, 552, 983
 определение 1/336, 348, 408, 553, 615, 739, 989; 2/84, 177, 183, 451, 522, 549, 552, 553, 709, 1057; 3/113, 169, 714, 969, 1036, 1058; 4/936, 1126, 1147; 5/149, 637, 719, 837
 органические соединения 2/553, 552, 554, 556–558, 747, 871, 1085; 1/1193; 3/713, 906; 4/188, 726, 804, 1140; 5/143, 276, 377
 перхлорат 3/360, 990
 получение 1/529, 552, 553, 869, 1022; 2/84, 87, 552, 553, 557; 3/7, 9, 90, 413, 1001, 1069; 4/561, 591, 820, 974; 5/651, 669, 746, 747, 749, 750, 854, 895, 923
 применение 1/553, 974, 976; 2/51, 321, 552, 801, 949, 994, 997, 1015, 1119, 1124, 1130, 1171, 1243; 3/71, 87; 4/114, 115, 435; 5/487, 488, 749, 917, 920
 свойства 1/551, 552; 2/671, 768, 920, 1181, 1227; 3/96, 97, 255, 949, 955, 957, 958, 1194; 4/152, 349, 750, 751, 813, 1003; 5/16, 856
 селенид(ы) 2/556, 502, 551, 617, 619, 1061; 5/363
 селенометаллаты 2/1123; 4/618
 сплавы 1/214; 2/453, 454, 801, 1124, 1249, 1332; 3/753, 754; 4/532, 594, 601, 809; 5/753, 897
 сульфат(ы) 2/557, 553, 710; 1/974; 3/582, 583; 5/917
 сульфид(ы) 2/557, 77, 220, 222, 551, 553, 558, 709, 1061, 1124, 1226, 1227; 3/1012; 4/109, 111, 112, 118, 502, 503, 506, 547, 910, 911; 5/332
 теллурид 1/978
 теллурид 2/558, 551, 1061; 3/774; 4/102, 109, 111, 112, 118, 784, 1023; 5/363
 тетрафторборат 5/400
 титанат 4/1183

- феррит 5/163
фосфаты 1/1077; 5/249–252
фосфиды 2/552; 5/257
халькогениды 1/1015; 3/435, 774
хлорид(ы) 2/558, 552, 1194, 1203;
3/1145; 4/835, 1005, 1006; 5/16,
449
хромат 5/631, 632
цианиды 2/552; 5/703, 837
Кадинокны 2/557
Кадмирование 1/974, 976; 2/321, 552,
1130
Кадмолон 3/1012
Кажущиеся параметры
вязкость 1/728
плотность 3/1145; 4/131
Казеин 2/559, 799, 802, 996, 999, 1078,
1129, 1176; 1/470, 669, 1135; 3/133,
159, 1122; 4/192, 194, 247, 383,
1170; 5/223, 518, 551, 552, 949, 1036
Казеллы кислоты 3/382, 386
Казимира соотношения 4/1068
Казимира–Пошера уравнение 2/148
Казоморфины 3/766
Кайин 5/1041
Кайнар 3/1139; 5/389, 403
Кайнат 1/956, 957; 2/498, 559, 560,
562, 1233, 1234, 1251; 4/904
Какшо, масло и жир 2/303; 4/377–380,
383
Какодил 2/743; 3/572
Какодилова кислота 1/1034; 2/53
Каласерит 2/334; 4/1018
Каламин 5/746
Каландрование полимеров 3/144, 436,
1136; 4/7, 8
Калина цикл 3/270; 5/347–349
Каледоны 2/1095
Калиборит 1/581, 587
Калигност 1/603
«Калгон» 5/248
Калий 2/559, 789; 1/768; 5/54, 55, 936,
937. См. также *Щелочные металлы*
зид 1/72; 2/560, 561
алюминаты 1/205, 566, 568; 2/677;
3/357; 4/745
алюмогидрид 1/220
амальгамы 2/560, 561
амид 1/231; 2/106, 248, 497, 560,
561, 568; 2/1139; 3/125, 384;
4/1017; 5/33, 778
антимониды 4/943, 944, 948
антимонины 1/331, 332; 2/560
арсенаты 1/382, 383, 463; 2/370;
3/777
арсенид 1/384
бораты 1/575, 578, 581; 2/566, 568;
3/979, 980; 4/1006; 5/400
борогидрид 1/591
бромат 1/425, 541, 613, 614, 616;
2/443; 3/306, 1089; 4/973, 975,
1189
бромид 2/565, 332, 450, 493, 864;
1/613–616, 950; 3/740, 774;
4/254, 279, 530, 543, 609, 782, 835,
877; 5/453–455
вавадат 1/671, 672
вещества 2/560
ионофраты 1/822; 2/1123
галогенометаллаты 1/951, 985, 986,
1041; 2/535, 536, 562, 572; 3/424,
433, 474, 478, 492, 575, 751, 752,
824, 1069; 4/339, 533, 545; 5/762–
765
гексадианоферраты 2/565, 205, 268,
272, 273, 336, 445, 525, 566, 573,
778, 1224; 1/371, 654, 977, 1208;
3/8, 370, 383, 537, 542, 559, 969,
1011, 1089; 5/656, 703. См. также
Кислотные соли
иеранаты 1/1034, 1041; 2/566;
3/1193
ирид 1/220, 591; 2/120, 560, 561
гидроксид 2/566, 18, 94, 213, 560,
561, 568, 569, 571, 572, 597, 751,
769, 770; 1/163, 711, 715, 717, 898,
902, 972, 974, 1067, 1086, 1092,
1096, 1210; 3/304, 306, 413, 433,
492, 522, 524, 527, 546, 559, 560,
562, 686, 691, 693, 698, 708–710,
764, 983, 1080; 4/73–75, 339, 746,
804, 869, 899, 918, 924, 944, 984,
1025, 1102, 1131, 1132, 1149,
1189, 1203, 1205, 1211; 5/12, 56,
96, 97, 130, 132, 369, 553, 642, 802,
845, 901, 917, 922, 999, 1002. См.
также *Ацильное число*, *Щелочи*
гидросокомплексы 1/1092; 2/566;
3/577
гидросульфат 4/904, 984, 1178;
5/453
гидросульфид 4/1138, 1165; 5/584,
796
гидросульфит 2/566, 568; 4/920,
1149, 1150; 5/182
гипогалогениды 1/613, 952; 2/862,
1084; 5/130
«графитированный» 1/1194; 2/477;
4/512
дихромат 2/566, 183, 204, 205, 381,
443, 450, 455, 460, 561, 567, 701,
731, 995; 1/337, 419, 459, 489, 541,
668, 1093, 1134, 1146; 3/524, 547,
559, 678, 694, 695; 4/899, 1189,
1253; 5/32, 77, 124, 181, 384, 453,
455, 456, 530, 612–616, 630–633,
855
изополиакислоты 1/1060
интерметаллиды 2/560, 570; 3/348
иодаты 1/592; 2/171, 495, 567, 647,
770; 3/12, 969, 1089, 1270, 1287;
4/563, 975, 1189
иодид 2/567, 10, 205, 315, 334, 497–
499, 568, 1294; 1/338, 340, 497,
615, 915, 945, 950, 1093; 3/142,
239, 240, 433, 740, 795, 847, 978,
1238; 4/159, 279, 334, 399, 544,
545, 550, 686, 835, 975, 976, 1022,
1142, 1176, 1189; 5/126, 195, 196,
659, 955
как метаболит 1/550; 2/204, 291,
958, 959, 623, 624
карбид 2/624
карбои(ы) 2/568, 89, 224, 560, 561,
566, 567, 569, 571–573, 637, 671,
864, 1085, 1095, 1206, 1247, 1253;
1/342, 467, 674, 874, 902, 1115;
3/6, 122, 492, 693, 974, 1088;
4/254, 448, 565, 669, 838, 895, 984,
1102, 1131, 1147, 1154, 1178;
5/97, 126, 199, 218, 369, 457, 641,
642, 748, 975
кобальтаты 2/573, 821, 822, 829
ксенат 2/1088
манганат 5/901, 902
межгалогениды 1/970; 2/567; 3/12
меркуриды 2/560
метеоритный 2/963
молибдаты 3/241
никелаты 1/569; 3/474, 478
инобаты 2/733; 3/489, 492, 495
нитрат 2/568, 3, 78, 126, 239, 310,
561, 566, 572, 1040, 1050; 1/342,
832, 918, 944; 3/124, 169, 504, 505,
520, 526, 1045; 4/136, 161, 563,
746, 838, 975, 1050; 5/98, 781, 845.
См. также *Калийная селитра*
нитрид 3/509
нитрит 1/139; 2/16, 80, 566, 568,
569, 821; 3/33, 517, 518, 1102,
1190
озонид 2/561; 3/658, 971
оксид 2/568, 12, 525, 560, 561, 569,
664, 670, 672, 677, 800, 1285;
1/1141; 3/775, 971, 973, 974, 996;
4/193, 706–708, 836–838, 1223
оксометаллаты 2/566
определение 1/336; 2/521, 561, 562,
710, 825; 4/396; 4/627, 628; 5/335
органические соединения 1/167,
192, 252, 290, 291, 494, 495, 569,
602, 650, 717, 726, 1000, 1094,
1110, 1148; 2/14, 18, 120, 177, 213,
248, 311, 314, 456, 560–562, 566,
567, 573, 644, 645, 770, 930, 985,
986, 1025, 1085, 1086, 1101, 1147,
1204, 1288, 1319, 1321, 1331; 3/6,
38, 63, 135, 182, 256, 302, 350, 529,
580, 693, 767, 813, 831, 876, 978,
1088; 4/172, 206, 284, 343, 491,
608, 726, 768; 5/53, 57, 114, 125,
165, 262, 278, 456, 580, 606, 659,
702, 749, 785, 792, 795
осматы 2/1232; 3/824, 825
перманганат 2/569, 9, 19, 88, 129,
255, 279, 360, 443, 450, 544, 598,
618, 646, 711, 745, 768, 915, 995,
1001, 1084, 1218, 1291, 1294;
1/265, 271, 432, 452, 455, 529, 639,
659, 668, 675, 681, 720, 726, 727,
1093, 1134, 1141, 1146; 3/59, 245,
279, 371–373, 377, 439, 487, 517,
547, 552, 559, 662, 678, 699, 713,
739, 969, 1018, 1019; 4/128, 147,
175, 271, 563, 581, 633, 670, 804,
868, 899, 900, 912, 913, 915, 922,
924, 934, 943, 944, 973, 975, 1019,
1094, 1101, 1102, 1122, 1128,
1145, 1152, 1162, 1164, 1174,
1191, 1201, 1204, 1251; 5/6, 7, 21,
22, 77, 93, 115, 144, 181, 376, 384,
453, 455, 759, 778, 803, 901, 902,
922, 1058
пероксодикарбонат 2/569; 3/974
пероксосульфат 3/971
пероксосульфаты 2/569, 570; 1/629,
630, 1227; 3/693, 695; 5/142, 446
персульфат 1/629; 2/564, 569, 1112;
3/284, 1089; 4/907; 5/132, 942,
950, 951
перхлорат 1/832; 2/25, 310, 572;
3/374, 392, 576, 986–988, 990,
991; 4/668, 1006, 1254; 5/124
пиросульфат 4/904, 973; 5/571
пиросульфид 4/920, 921; 5/182
платинаты 1/950; 2/562, 926, 930;
3/1131; 4/482, 626
политионат 4/45
получение 1/1022; 2/561, 1233;
3/90, 413, 751; 4/820; 5/655, 922,
923, 926, 954
применение 2/181, 562; 3/171–173;
5/920. См. также *Калийные про-
дукты*
ренат 4/466
рутенаты 4/563, 564
свойства 1/411, 527, 552, 869, 974,
1015, 1018; 2/255, 272, 282, 505,
523, 560, 561, 631, 667, 767, 967,
1112, 1148, 1174, 1181; 3/142,
169, 239, 240, 583, 606, 955, 957,
958, 1093; 4/152, 327, 337, 349,
350, 556, 639, 746, 813, 836, 848,
972, 1154, 1222; 5/6, 16, 44, 277,
890
селенат 4/616
селениды 2/560; 4/614, 617; 5/363
селенит 4/616
силикаты 1/871, 976; 2/566, 568,
801, 821, 1008; 3/1191–1193;
4/673–675, 678–680, 685, 723,
724; 5/407, 408, 681, 762
силициды 4/684
соли 1/1097
– Бломстранда 2/573
– «буря» 4/564
– Цейзе 2/930; 3/1130
сплавы 1/618; 2/561, 562; 5/897, 898
стайнаты 3/751, 752
сульфат(ы) 2/570, 498, 561–563,
565–567, 569, 570, 672, 731, 1048,
1108, 1233, 1251; 1/195, 956, 972;
3/111, 172, 361, 492, 520, 564, 577,
772, 1133; 4/358, 532, 650, 657,
744, 745, 904, 1006, 1165, 1178;
5/98, 378, 453, 619
сульфиды 2/570, 94, 173–175, 177,
213, 560, 561, 566, 571; 3/63;
4/555, 949, 950, 1149, 1150, 1155,
1165
сульфиты 4/920, 921, 1149; 5/182,
532, 702
танталаты 2/733; 3/1069; 4/974,
981, 983, 985
теллурид 2/560
технетаты 4/1112
тиосульфат 4/1149–1151
тиоцианат 4/1164, 1165; 5/77, 452,
702
титанаты 4/1175, 1183
тораты 4/1219, 1220
уранаты 5/83
фосфаты 2/571, 25, 370, 560, 571,
572, 1064, 1072; 1/783, 902, 1110;
3/135, 172, 256, 577, 583, 777, 974;
4/284, 608, 699; 5/247, 249–252,
903
фосфиды 1/1120; 2/572; 5/257
фторид 2/572, 566, 769, 1226, 1245;
1/337, 993, 1114; 3/90, 124, 125,
307, 478, 577, 938, 974, 981; 4/67,
285, 388, 981, 1112; 5/12, 388, 392,
393, 854, 903, 954
хлорат 1/944; 2/239, 443, 467, 572,
768, 1084; 3/576, 993; 4/158, 632,
668. См. также *Бертолетова соль*
хлорид 2/572, 194, 199, 267, 492,
498, 530, 560–563, 565–568, 570,
571, 672, 731, 812, 864, 870, 1040,
1062, 1078, 1202, 1233–1235;
1/611, 849, 949, 951, 956, 972,
1098, 1130, 1215, 1246, 1251; 3/4,
134, 165, 172, 256, 349, 434, 474,
478, 492, 520, 564, 648, 774, 776,
863, 1092, 1220; 4/161, 353, 358,
745, 746, 782, 835, 875, 904, 975,
981, 983, 1106, 1174; 5/98, 205,
207, 323, 551–553, 563, 576, 580,
676, 678, 706, 843, 844, 860, 915,
916, 926, 954
хромат 1/362; 2/443, 1001, 1079;
4/594, 975; 5/630–633
цианат(ы) 2/572, 413, 573; 1/736;
3/244, 279, 487, 734; 4/640;
5/125, 699, 701, 702
цианиды(ы) 2/573, 41, 330, 331, 374,
497, 567, 711, 778, 822, 1275;
1/112, 117, 362, 487, 497, 974, 976,
1093; 3/25, 26, 64, 91, 207, 281,
475, 487, 492, 516, 553, 700; 4/59,
341, 500, 532, 595, 614, 639, 640,
686, 696, 745, 899, 1109, 1165,
1204, 1267; 5/77, 80, 182, 699–
703, 708, 750, 975
цианурат(ы) 2/567, 19, 333, 335, 572;
1/974, 976
циркранаты 2/572; 3/1069
этилсантогенат 2/573
Калий–аргоновый метод 2/562
Калийные (калиевые) продукты
жидкое стекло 2/1319; 4/673, 834,
835
мыла 2/18; 3/301–304
полевые шпаты 2/559; 3/1191–1193
селитра 1/92; 2/562; 3/505; 4/621.
См. также *Калий*, *нитрат*
слюдка 2/559
соли 1/957, 972, 1174, 1175; 2/562,
563, 570, 870; 3/172, 635; 5/207,
208
удобрения 2/562, 563, 572, 869, 870;
3/172, 863; 5/54, 55
Каликсарены 5/744
Калийные параметры бензинов 1/500
Калимагнезия 2/562, 563, 1233

- Калиспол 4/812
Калистерол 5/731
Калистрон 3/1139
Калифорний 2/563, 564, 565, 1214;
1/131, 132, 3/403, 488, 957; 4/431;
5/160, 802
Калле кислота 3/382
Калилидин 2/759, 760
Каликреин 2/760
Калусная ткань 4/1243
Каломель 1/338, 950; 2/336; 3/1046,
1079; 4/84, 188, 543, 544, 554; 5/843
электроды 1/808; 3/134, 135; 5/841–
844
Калориметрия 2/573, 220, 293, 447,
574–577, 1037, 1085, 1086; 5/465,
466, 860, 954–956
Калориферы 4/954, 955, 959, 962
Калорическое уравнение состояния
1/762; 5/69
Калрез 5/397
Кальвина цикл, см. *Кальвина цикл*
Кальмаллон 2/1243
Кальмодулин 2/577, 578
Кальциеин 2/1217
Кальцекс 1/990
Кальциборит 2/583
Кальциевые воды 2/282, 283; 3/170
Кальциевые продукты. См. также *Из-
вестиях, Кальцит, Мел, Мрамор*
известь 2/349, 350. См. также *Каль-
ций, гидроксид*
крои 2/1079
мыла 3/301, 303, 717, 1125, 1167,
1168
полевые шпаты 3/1191–1193
селитра 1/102; 2/290; 3/172, 173;
4/621. См. также *Кальций, нитрат*
смазки 3/1125
сода, см. *Кальцинированная сода*
стекла 4/835
Кальцинетермия 3/88, 90, 91, 410;
4/712, 1220; 5/656, 762
Кальций 2/578, 789; 1/768, 769; 3/170,
849; 5/54, 936, 937. См. также *Ще-
лочныеземельные металлы*
азид 1/72
алюминаты 2/582, 350; 1/206, 870;
5/670–672
алюмогидрид 1/220
амальгама 3/552
амид 1/231; 2/579, 666; 5/145
аммиакат 2/579
антимониды 1/331
арсенат 1/383; 2/474; 4/593
аурат 2/335
бораты 2/582, 581, 583, 584, 587;
3/979; 4/673
борид 1/583–585; 2/579; 3/76
бромат 3/1089
бромид 1/898; 2/583–585; 3/354;
4/745
ванадаты 1/671, 672, 675
вольфраматы 2/583, 263, 1225, 1227;
1/813, 822, 823; 3/240, 774
галогениды 2/583, 579, 584, 585
германаты 1/1035
гидриды 1/965, 1079; 2/579, 585,
1154; 3/91, 1069; 4/980, 1173,
1174
гидроксид 1/715, 773, 900, 1093,
1210; 2/350, 436, 565, 579, 583,
585–588, 591, 637, 733, 752, 835,
1202, 1206, 1211; 3/121, 355, 356,
378, 524, 690, 708, 859, 877, 916;
4/188, 202, 207, 746, 804; 5/12, 45,
375, 417, 568, 671. См. также *Из-
весть*
гидросульфит 4/920, 921
гипохлорит 2/585, 9, 10, 18; 1/770,
1121, 1122; 3/355, 983; 5/554, 585
гранаты 1/1035
интерметаллиды 1/1081, 1082;
2/481, 484
нолат 2/494, 580; 3/1089
иодид 2/583–585
как метаболит 1/483, 484, 550, 746;
2/577, 578, 582; 3/177, 178, 623,
624, 883
карбид 2/585, 349, 561, 579, 587,
591, 624, 625, 840, 1235; 1/430,
431; 3/698, 1000; 4/967; 5/45
карбонат(ы) 2/586, 158, 256, 282,
348–350, 566, 578, 579, 582, 583,
586, 588, 591, 637, 639, 671, 733,
869, 995, 1202, 1206, 1233, 1234,
1251; 1/333, 467, 769, 771, 848,
853, 870, 871, 880, 900, 1049, 1141,
1182; 3/121, 276, 360, 564, 624,
646, 699, 774, 907, 993, 1001, 1013,
1089; 4/24, 209, 352, 434, 538, 621,
685, 746, 952, 1204; 5/44, 45, 503,
669, 671, 701, 903
метеоритный 2/963
молибдаты 2/580; 3/241, 242, 244
нобаты 3/489
нитрат 2/586, 126, 869; 1/102, 847;
3/172, 173, 505, 564; 5/610
нитриды 1/1080; 2/579; 3/509
нитрит 3/357, 517
оксид(ы) 2/586, 158, 200, 348–350,
579, 582–585, 587, 664, 666, 734,
770, 783, 800, 1061, 1147, 1202,
1285; 1/460, 461, 771, 870, 1056,
1093, 1141, 1182; 3/334, 695, 698,
699, 775, 868, 906, 971, 972, 974,
994, 1055; 3/26, 88, 90, 91, 115,
135, 252, 662, 1114; 4/42, 193,
585–587, 592, 706–708, 746, 1006,
1055, 1174; 5/503, 552, 559, 651,
669, 670, 786, 861
определение 1/121, 336, 380, 381;
2/451, 580, 710, 870, 974, 1090,
1104, 1217, 1218; 3/113, 124, 290,
690, 969; 4/833, 936; 5/274, 335,
873
органические соединения 2/580,
103, 213, 330, 580, 581, 587, 602,
603, 799, 900, 971, 986; 1/46, 192,
280, 322, 338, 645, 726, 1094, 1152,
1182; 3/48, 81, 277, 285, 315, 378,
876, 897, 906, 992, 1013, 1015,
1016, 1059; 4/85, 165, 171–173,
439, 726, 833, 929, 1062, 1151,
1191, 1246; 5/137, 143, 903
осмиат 4/1062
перманганат 2/1277
перовскиты 3/969, 970
пероксозамещенные 3/979
перхлорат 3/987, 988
получение 2/87, 579, 580, 1295;
3/88–90, 439, 1069; 4/396; 5/925,
926
применение 2/521, 580, 1227;
4/1007; 5/920. См. также *Кальци-
евые продукты*
роль в цветовом зрении 4/538
свойства 1/460, 735, 832, 833, 875,
1015, 1018, 1157; 2/282, 283, 578–
580, 640, 670, 671, 1146, 1154,
1181, 1251; 3/88, 90, 91, 97, 169,
424, 425, 955, 957, 958, 1069,
1093; 4/99, 331, 435, 593, 594, 773,
813, 916, 1109, 1174, 1178; 5/24,
77, 796, 797
селенид 2/579
силикаты 2/587, 350, 370, 588, 801,
1226; 1/337, 813, 870, 902, 1110;
3/1191–1193; 4/674–679, 710,
746; 5/669–672, 681
силициды 2/579; 3/1153; 4/685
сплавы 2/257, 579, 580, 1147; 3/88;
4/594, 1057
сульфат(ы) 2/588, 349, 560, 570, 580,
582, 589, 732, 784, 869, 1233,
1251; 1/333, 578, 853, 869, 870,
880, 900, 956, 1078, 1123; 3/165,
360, 474, 560, 564, 863, 1089; 4/92,
188, 630, 796, 904, 941; 5/301, 302,
674, 946. См. также *Алебастр,
Гипс*
сульфиды 2/579, 589, 962, 1226,
1227; 4/555, 910, 911, 1149; 5/416
сульфит 1/900; 2/1174; 4/920, 921
танталат 4/984
теллурид 2/579
тиосульфат 4/1149
титанаты 2/222, 1055; 3/969, 970;
4/284, 491, 1172, 1183, 1184
уранаты 5/83
ферраты 1/870; 2/350, 565; 5/670–
672
ферриты 2/734; 3/1012; 5/163
фосфаты 2/589, 349, 367, 564, 587,
590, 819, 869, 870, 937, 1225, 1226,
1233; 3/623, 624; 4/22, 165, 166,
393, 941; 5/247, 248, 250–252,
264, 281, 297
фосфиды 2/579; 5/258, 307
фторид(ы) 2/590, 220, 371, 479, 510,
578, 784, 1006, 1056; 1/281, 467,
578; 3/88, 90, 165, 307, 662, 774,
1055, 1145; 4/188, 434, 685, 782,
835, 893, 939, 940, 1022; 5/388,
391, 393
хлорат 2/53, 585; 5/560
хлорид(ы) 1/339, 342, 343, 898, 912,
949, 951, 1079; 2/38, 53, 579, 583–
586, 589, 591, 752, 783, 808, 819,
971, 1062, 1078, 1162, 1298;
3/349, 608, 609, 631, 662, 696, 697,
877, 1000, 1013, 1019, 1209, 1217;
4/60, 372, 601, 685, 726, 746, 967,
1050, 1056, 1174, 1243, 1256;
5/285, 552, 563, 568, 593, 655, 926,
955, 996, 1037
хроматы 2/1079; 5/630–633
цианамид 2/590, 498, 585, 591, 870;
4/1141; 5/264, 416, 701, 702, 706
цианид 1/93; 2/53; 3/252, 370;
5/702
циркнаты 5/761, 762
Кальций-гидридные методы анализа
1/109
Кальцимнн 2/522, 523
Кальцинияция 3/1000; 4/321
Кальцинированная сода 2/348; 3/303,
304, 856, 863, 1000, 1001, 1068. См.
также *Натрий, карбонат*
Кальцинирующий обжиг 3/1068
Кальцион ИРЕА 2/451
Кальциооливин 2/587, 588
Кальциоталькит 4/977
Кальципарии 1/330
Кальцит 2/330, 349, 578, 586, 636, 637,
639, 1064; 3/164, 166, 276, 774, 992;
4/24; 5/44, 298
Кальцитонин 2/581, 582; 1/1171
Кальциферолы, см. *Витамин D*
Кальцихром 2/451
Камберлендский графит 1/1190
Камели 2/799, 1113; 3/159, 896, 1088;
5/92
Камениная соль 1/956, 957; 3/347, 369,
774; 5/551. См. также *Натрий, хло-
рид*
Камеиноугольные продукты 2/597
деготь 2/591
зола 2/348
кокс 2/838, 839; 5/50; 5/39, 43
масла 2/594, 593, 595–597, 846;
3/895
пек 3/894, 895; 5/47, 49, 50
смола 2/591, 371, 398, 407, 440, 456,
592–594, 597, 606, 618, 842, 845–
847, 858, 1215; 1/112; 3/117, 372,
894, 895, 1045, 1079, 1080, 1119,
1180; 4/194, 494, 634, 702, 869;
5/117, 212, 213, 608, 837
Камениные угли 2/596, 597; 1/565,
1085–1088, 1190; 3/457, 1193; 5/42,
43, 135
гидрогенизация 1/1085–1089; 2/596,
665, 670; 4/194, 526, 701–705
коксование 2/591, 838, 840–843,
845–847; 3/1054
полуккоксование 2/964, 965; 3/1054;
4/100
Камерные устройства
беззольные 4/333, 334
вакуум-фильтры 3/637
Вильсона 2/320, 505
воздухоэквивалентные 2/220
ионизационные 2/220, 1315, 1316;
4/329
каплеуловители 2/613
коковые 2/841–843
мембранные 3/43, 44
печные, см. *Печи*
пневмотекстурирующие 4/1015
пылесадильные 1/898, 1105;
4/282, 283
радиотермические 4/333, 334
сушилки 4/959, 962
тканеэквивалентные 2/220
фильтры 5/190
флотационные машины 5/209
экстракторы 5/822
Камле реакция 1/316
Камлета(Камле)–Тафта уравнение
4/751
Камни
винный 1/726; 3/785
драгоценные, см. *Драгоценные кам-
ни*
естественные, механические свой-
ства 3/145
мыльный 4/977, 978
оловянный 3/753, 756
подолочные 3/1193
«рвотный» 4/943
Слокума 2/222, 223
тяжелый, см. *Вольфрам*
цементный 5/670, 672
Камофорты 4/561
Камофан 2/597; 5/719
Камофановая кислота 2/600
Камофан-2-олы 1/585, 586
Камофан-2-сульфокислота 2/600
Камофара 2/600, 601
Камофароновая кислота 2/600
Камофан 2/597, 283, 598–601; 1/585,
586, 660; 3/293, 1027; 4/576, 714,
1090, 1092, 1093; 5/438, 1004, 1005
Камофеиловые кислоты и альдегид
2/598
Камофеилов 2/598
Камофеиловая кислота 2/598
Камофеиновые перегруппировки 2/598,
599, 600; 1/659; 3/580, 581; 4/1092
Камофеиловая кислота 2/600
α-Камофеиловатая кислота 1/660
Камофора 2/600, 344, 597, 598, 600,
601, 747, 1165; 1/291, 292, 425, 585,
660; 3/580, 658, 1027, 1117; 4/135,
390, 394, 605, 715, 893, 1092; 5/147,
438, 746, 957, 1001, 1004, 1005. См.
также *Цедрол*
Камофорная кислота 2/598, 600; 5/130
Камофорное масло 4/1094; 5/130
Камофорный спирт 2/601
(+)–Камофорсульфокислота 1/415
Кана–Нигольда–Прелога номенклату-
ра 3/263, 265
Канаваин А 2/988
Канадские продукты
бальзам 1/454
графит 1/1190
Канамидин 1/246, 321; 4/241
Канатные смазки 2/601; 3/1125–1127
Канацидин 2/972
Канделильский воск 1/827
Канекалои 3/192
Канестен 4/228, 229
Канифоль 2/602, 225, 226, 284, 312,
377, 603, 808, 826, 1165; 3/114, 1013,

- 1116, 1139; 4/444, 445, 669, 739, 741, 742, 977, 1089; 5/134, 572
аддукты 2/1297
гидрированная 2/1001
как компонент восполнительных составов 1/832
— клеев 2/602, 802, 808, 990; 4/444
— масляных красок 2/1296
— мастик 2/1320
— мыла 2/602, 603; 3/302; 5/571
как модификатор смол 1/153, 157, 563; 4/445
как наполнитель 1/630
как репеллент 4/495
эфиры 1/1208; 2/602, 1001
- Канлион 4/134
Каннинггема—Миллнкена поправка 4/282
Каннишаро реакция 2/603, 104, 604, 647, 742, 1270; 1/197, 487, 534, 680, 1079, 1163; 4/804, 1191; 5/222, 434, 792
Канонические соединения (состояния) ансамбли Гиббса 4/823—825, 827, 829, 1029, 1073; 5/500
орбитали 3/233, 234
основания пиримидиновые 3/1051, 1052
— пурновые 4/275—277
Кантаксантин 2/656, 657, 972
Кантаридин 5/1044, 1045
Канцелярский клей 2/802
Канцерогенные вещества 2/604, 605, 606; 1/490, 520, 745; 3/152, 154, 293, 294, 296, 526, 533, 536, 850, 854; 4/517; 5/109, 608, 633
Каолин 2/606, 355, 356, 377, 733, 868, 1296, 1320; 1/621, 634, 636, 646; 3/122, 146, 284, 328, 646, 869, 992, 993, 1012, 1114; 4/92, 443, 838; 5/112, 113, 134, 143, 674
Каолинит 1/217, 1141; 2/606; 4/678, 724
Каоний 1/787
Капафильм 3/1139
Капалюшие электроды 1/808, 809; 4/127, 128; 5/842
Капели 4/184
Капельный анализ 2/606, 553, 607, 711; 1/542; 3/161, 431; 5/114, 284
Капиллярные методы анализа вискозиметрия 1/728, 729; 3/1123
вольтамперометрия 1/808, 809
дефектоскопия 2/50
полярография 1/127, 128
хроматография 2/608, 294, 609—611, 1172; 3/817, 818, 1067; 5/620, 621, 628
электрофорез 5/865
Капиллярные явления (процессы) 2/611, 155, 339, 612, 613, 859, 860; 3/1172; 4/132, 954
в анализе, см. *Капиллярные методы анализа*
волны 3/1174
гистерезис 2/607
давление 2/611, 612; 3/1170, 1171, 1174
и поверхностная активность 3/1159
— — электронасыщенность, см. *Электрокапиллярные явления*
— — энергия 3/1161, 1162
и самораспространяющийся высокотемпературный синтез 4/575
и смачивание 2/607; 4/729, 730
конденсация 2/607, 608, 612, 890, 892; 1/57, 58; 3/1173; 4/131, 132, 770
контракция 2/608
осмос, см. *Электроповерхностные явления*
пропитка 2/612, 613
- Капилляроукрепляющее действие 5/203. См. также *Биофлавоноиды*
Капицы цикл 5/602, 603
Каплеулавливание 2/613, 614; 1/898—900; 3/855; 5/24, 25. См. также *Капли*
Капли
в анализе, см. *Капельный анализ*
в галериях 1/1183
взвешивание, метод 3/1171
вращающиеся, метод 3/1171
«газовые» в критической области 2/1073
глазные 5/754, 774
изотермическая перегонка 3/1172
как сферические зародыши 2/317
коацервация 2/818, 819
сидящие, метод 3/1171
слияние, см. *Коалесценция*
стационарные, метод 5/845
удаление из потоков, см. *Каплеулавливание*
«электродные» 1/808, 809; 4/127, 128
эмульсий 5/948, 949
Капреоминин 1-А 3/924, 926, 927
Каприловая кислота 1/863, 864; 2/15, 643, 644; 3/725, 727, 728; 4/378
Каприн 3/582
Каприновые соединения альдегид 2/27
кислота 1/863, 864; 3/118; 4/378
эфиры 2/27
Капрозоли 1/304; 2/981; 3/547
Капролактан 2/615, 369, 406, 616, 809, 1041, 1137, 1138; 1/46, 252, 253, 258, 306, 469, 510, 990; 3/257, 324, 518, 533, 557, 703, 1144, 1208, 1251; 4/648, 1202; 5/133, 137, 236, 358, 724
Капролактоны 2/1142, 1298; 4/54; 5/724
Капролон 3/1250, 1251
Капрон 1/807; 2/369, 615; 3/437, 1201, 1202, 1205—1208, 1210, 1250, 1251; 4/93, 893, 1015
Капроновая кислота 2/616, 226, 643, 644; 1/610, 863, 864; 4/378
Капсаицин 2/616, 617; 4/495
Капсулирование 2/617; 3/144, 712
и радиационная полимеризация 4/289
как метод формования пластмасс 4/10
микролоз, см. *Микрокапсулирование*
Капсюль—воспалитель (детонаторы) 2/47, 467; 3/972; 4/603, 668, 1111
Каптакс 1/306, 527; 3/61, 62, 1115; 5/993
Каптан 1/337; 3/653; 5/417
Каптафол 5/417
Каптон 2/1274; 3/1139, 1248; 5/22
Каптоприл 1/1120
Каптон 4/1082—1084
Карамелизация 4/581
Каратан 1/107; 2/1080
Каратеодор аксиоматика 4/1028
Караша реакция 5/93, 94
эффект 1/1084
Караша—Гриньяра реакция 5/93, 94
Карбабораны, см. *Карбораны*
Карбазол 2/617, 591, 594, 595, 618, 619, 846, 964, 1228; 1/78, 356; 3/456; 4/73—75; 5/93, 144
N-Карбазолилматригалогениды 2/618
Карбазол-9-карбоновая кислота 2/618
Карбазосульфокислоты 2/618
Карбакатионы, см. *Карбкатионы*
Карбальдегид 2/960; 3/573
Карбамазепин 4/240
Карбамазин 4/225, 226
- Карбаматы 1/106, 435, 1029, 1030; 2/325, 473—475, 620; 5/87, 88
Карбамид 1/102, 103, 467, 1071; 2/34, 290, 363, 619, 620, 806, 869, 870, 1043; 3/171, 172, 280, 281, 347; 5/52. См. также *Мочевина*
Карбамидные смолы 3/281, 282, 743, 1264, 1265. См. также *Мочевинформальдегидные смолы*
Карбамидоформ 2/619
Карбамидоформальдегидные соединения пенопласты 2/619, 620; 1/262; 3/282, 902
смолы 2/1228; 3/281, 282, 839. См. также *Мочевинформальдегидные смолы*
удобренные 2/619; 1/103; 3/172
Карбаминовая кислота 2/620, 402, 406; 1/265, 1179; 5/52, 668, 975, 978
амид, см. *Карбамид*, *Мочевина*
гидразид, см. *Семикарбазид*
интрил, см. *Цианамид*
соли, см. *Карбаматы*
хлорангидрид 2/404, 620
эфиры, см. *Уретаны*
Карбамоил 2/374; 3/573; 5/536. См. также *Карбамоилирование*
Карбамоиланилиды 3/1015
N-Карбамоиласпарагиновая кислота 3/812, 813; 4/1241
Карбамоилгидразин 4/621
Карбамоил-5H-дибензо[*b,f*]азепин 4/240
Карбамоилирование 2/474, 475, 620
1-Карбамоилметил-2-пирролидон 3/1039
Карбамоил-N-нитрозамин 2/74
8-Карбамоилоксиметил-5-метил-1,1а,2,8,8а,8b-гексагидроазирин[2',3':3,4]пирроло[1,2-*a*]индол-4,7-дион 3/178,179
2,2-бис-(Карбамоилоксиметил)пентан 3/61
Карбамоилоксимы 1/106
1,3-бис-(Карбамоилтио)-2-N,N-диметиламинопропан 5/1046
Карбамоилтрансферазы 4/1241
Карбамоилфосфат 3/810—812; 4/1241
Карбамоилфосфат: L-аспартат карбамоилтрансфераза 1/396
Карбамоилфосфат-синтетазы 3/810
Карбамоилхлориды 4/1131; 5/239
Карбамоил 3/284
Карбамоины 2/620, 314, 511, 621, 751, 777, 830, 945, 970; 1/509, 510, 1057, 1060, 1116; 3/72, 80, 81, 180, 529, 555, 788, 792, 832, 939; 4/176, 244, 343, 344, 415, 500, 751, 905, 912, 1167; 5/6, 311, 373, 606, 654, 709, 793, 904, 939, 1060
Карбапенамы 2/1134—1136
Карбарил 2/473; 3/115
Карбатин 3/405, 826
Карбатылы 4/731
Карбахолин 5/593
Карбендазин 4/247; 5/418
Карбендиазин 4/225, 226
Карбений-ноны 2/33, 627, 628, 697, 698, 970, 971, 1294; 3/33; 4/1135. См. также *Карбкатионы*
Карбенцилин 2/1134
Карбены 2/622, 10, 69, 71, 74, 130, 179, 182, 282, 372, 410, 411, 478, 623, 935, 1034, 1185, 1251, 1276; 1/143, 398, 509, 564, 565, 633, 658, 758, 1158; 3/78, 91, 288, 317, 350, 734, 739, 1045; 4/415, 416, 554, 798, 976; 5/60, 259, 264, 442, 443, 580, 725, 731, 733, 740, 783, 938
азотистые аналоги, см. *Нитрены*
комплексы переходных металлов 2/621, 274, 276, 277, 338, 374, 622, 623, 626, 674, 874, 1288, 1289;
- 1/824; 3/103, 104, 251, 876, 1130; 4/468, 986; 5/634
Карбиды 3/398
Карбидные материалы волокна 2/878—880; 3/329, 417
графитовые 1/1190
известь 2/348
керамика 2/734, 736, 737, 903
огнеупоры 3/649, 650
радиопоглощающие 4/333
Карбида 4/237
Карбиды 2/623, 624, 625, 1153, 1234; 1/1164, 1190—1192, 1196; 3/165, 166, 509; 4/142, 482, 575; 5/43, 264, 703, 704. См. также *Карбидные материалы*, индивидуальные химические элементы
бора, см. *Бор*
водородное охрупчивание 2/952
как легирующие добавки 4/1009, 1010
пептисты 4/1041
вольфрама, см. *Вольфрам*
гели-микросферы 2/340
и происхождение нефти 3/457
как абразивы 4/33
как катализаторы 2/671
как фазы внедрения 2/249, 250; 3/75, 76
кальция, см. *Кальций*
кластерное состояние 2/796
кремния, см. *Кремний*
метеоритные 2/962
номенклатура 3/575
напыление 3/334
специальные 2/256
сталей 2/260, 261, 485
титана, см. *Титан*
тушение 3/648
Карбиламины, см. *Изонитрилы*
Карбисульфат 4/905, 906
Карбин 1/1030; 2/15; 3/419, 1249, 1250; 4/23; 5/43, 413, 936
комплексы переходных металлов 2/625, 621, 622, 626, 627; 1/824; 3/104; 5/634
Карбинол 3/118—120. См. также *Метилловый спирт*
соединения 1/367; 2/1082; 3/131
Карбитоны 2/627, 994; 5/991, 1007
Карбокатионы 2/627, 16, 17, 128—130, 313, 598—600, 628, 629, 645, 877, 888, 945, 983; 1/1057, 1060, 1077; 3/333, 408, 580, 602, 603, 788, 936, 938, 1023—1025; 4/170, 415, 525, 562, 741, 802, 897, 912, 914, 937, 1098, 1125, 1190, 1227; 5/5, 7, 8, 20, 277, 278, 642, 939. См. также *Карбений-ионы*, *Карбоксоний-ионы*, *Карбоний-катионы*
Карбоаммофоска 2/869
Карбоангидрида 1/341, 1008
N-Карбобензоксиминокислоты 3/929
Карбовакс 4/84
Карбогидразидин 5/219
Карбогидразы 1/1126
Карбодимиды 2/629, 185, 404, 601, 630, 699; 3/932—934; 4/54, 816, 1000; 5/244, 260, 276, 280, 295, 737
ДПК, см. *Дициклогексилкарбодимид*
Карбодифосфораты 2/630, 631
Карбодокс 4/232, 233
Карбонды 1/398, 565; 2/1251, 1276; 4/1058
Карбокани 3/68
Карбокатионы, см. *Карбкатионы*
Карбоксамид 3/573
1-Карбоксинамидантин 1/34
Карбоксинамиды 2/475
Карбоксинамидогидролазы 2/695
N-Карбоксинаминокислоты, ангидриды 1/252; 3/1209
N-Карбоксинамидантинная кислота 1/952

Карбоксиантрахиносульфокислоты 1/350
о-Карбоксибензоилмуравьиная кислота 4/1101
 2-(*N*-*о*-Карбоксибензоилсульфонил)-амидотиазол 4/1118
о-Карбоксибензоилферроцен 5/166
л-Карбоксибензоилсульфамид 4/1204
 Карбоксибензолсульфокислоты 3/693; 5/558
 Карбоксибетанины 3/1167
 3-(4-Карбоксибутил)-1,2-дитиолан 2/1192
γ-Карбоксиплутаминовая кислота 1/749; 3/200; 4/249
 Карбоксигруппа, см. *Карбоксильная группа*
 Карбоксид 4/495
 3-Карбокси-3*H*-диазирины 2/69
 Карбоксилата витамин К-зависимая 3/200
 Карбоксилаты 2/108; 3/699; 4/1058
 Карбоксилатные каучуки 2/631, 804, 999, 1150; 3/70; 5/134
 Карбокси-лиазы 2/1168, 1169
 Карбоксилрование 2/632, 95, 213, 633, 647, 648, 824; 1/555, 556, 749, 751, 956; 3/347, 557, 615, 616; 4/569, 1201, 1251; 5/701. См. также *Гидрокарбоксилрование*, *Карбонизация*, *Углерода диоксид*, *Фотосинтез* восстановительное 2/633
 по Кольбе-Шмитцу 2/632, 863, 864; 5/142
 по Коху-Хаафу 2/633; 3/289
 по Марасе 2/864
 ферментативное 2/633, 970
 Карбоксилсодержащие каучуки 2/631, 632
 Карбоксилтрансферазы 4/1241
 Карбоксильная группа 2/28, 29, 325, 326, 632, 633, 643-648, 770; 3/377, 569, 573, 931; 4/394, 1000; 5/424, 493
 [(Карбоксиметиламино)бис-(этилендinitрил)]тетрауксусная кислота 2/213
 5-Карбоксиметилурацил 3/1051
 Карбоксиметилхитозан 5/547
 Карбоксиметилцеллюлоза 2/633, 634, 799, 1097, 1319; 1/19, 109, 570, 621, 956; 3/159, 993, 1168; 4/38, 247, 505, 700; 5/208, 457, 584, 661, 664, 667, 668
 3-Карбокси-*цис*, *цис*-муконат-циклоизомеризация 2/365
 3-Карбокси-*цис*, *цис*-муконовая кислота 2/365
 4-Карбоксимуконлактон 2/365
 Карбоксин 4/247; 5/418, 419
 Карбоксилептидазы 2/634, 433, 635, 695; 1/472, 476, 481, 482, 1097, 1098; 3/199; 4/194, 216
 Карбоксипиридинины 3/619, 620
 Карбоксипирролины 3/619, 620
 Карбоксисефадекс 1/570
 Карбокситриметилсилоксанполидиметилсилоксаны 5/951
бис-(3-Карбокси-2,4,6-триоданил)-метилпилюаминная соль 4/478, 479
бис-(3-Карбокси-2,4,6-триоданил)-2,2'-оксидуксусная кислота 4/478, 479
 1-(2-Карбоксифениламино)антрахинон 4/18
бис-(2-Карбоксифенил)дисульфид 4/1145
бис-(2-Карбоксифенил)сульфон 2/186
 (2-Карбоксифенил)уксусная кислота 5/379, 380
 5-Карбоксифурфурол 5/93
 Карбоксистеразы 2/635, 475

4,6-О-(1'-Карбокси)этилен-Д-галактоза 2/659
 Карбоксизтоксилаты 3/1163
 Карбоксоний-катионы 2/628, 629, 642; 3/720, 722, 1023, 1024; 5/414
 Карболинны 2/635, 636, 964; 3/398; 5/520, 528
 Карбоновая кислота 2/18; 5/132, 133. См. также *Фенол*
 Карбометаллирование 2/889
 Карбометоксидцеллюлоза 4/204
 «Карбон» («Карб») 3/575
 Карбонало 1/188
 Карбонатпатент 5/298
 Карбонатиты 3/970; 4/561
 Карбонаты, см. также соединения химических элементов и жесткость воды 1/771; 2/282, 283, 637
 кислые, см. *Гидрокарбоксилаты*
 неорганические 2/636, 154, 334, 340, 349, 637, 639, 673, 710, 1234, 1246, 1247; 1/358, 1120, 1122; 3/146, 564, 1068, 1088; 4/133, 200, 482, 1211; 5/44, 52, 207, 248
 органические 2/637, 620, 638, 639; 5/52, 239, 990. См. также *Ортоэфиры*, *Пропиленкарбонат*, *Этиленкарбонат*
 природные 2/639, 636, 637; 3/6, 166; 4/560; 5/42, 438. См. также *Доломит*, *Известняк*, *Кальцит*
 Карбонизация 2/640, 840, 845, 992; 3/356; 5/40, 47, 48, 50, 137, 664. См. также *Карбоксилрование*
 Карбоний-ионы 2/627, 628, 673
 Карбонил, см. *Карбонильная группа*
 Карбонилгидриды 2/641; 5/614
 Карбонилдимидазол 1/442, 443; 2/645; 4/1154
 Карбонилзонитрилы 2/374
 Карбонил-индиды 2/409
 Карбонилрование 2/640, 115, 121, 417, 544, 641, 646, 647, 824; 1/597, 598, 1161; 3/78, 84, 105, 140, 289, 449, 737, 876; 4/207, 499, 500, 535, 1097, 1153; 5/56, 57. См. также *Углерода оксид*
 Карбонилметалл-ионы 2/641
 Карбонилсид 3/659
 Карбонилсульфид 5/46, 47. См. также *Углерода сульфид*
 Карбонилфторид 2/640, 137, 641; 1/950; 3/577
 Карбонилцианид-*л*-трифторметоксифенилгидразон 3/670
 Карбонылы металлов 2/641, 97, 98, 253, 373, 374, 464, 466, 640, 642, 793-797, 828, 920, 1289, 1290; 1/104, 105, 648, 649, 675, 676, 812, 813, 823, 824, 1112, 1218; 3/71, 80, 81, 83, 84, 103, 493, 494, 949, 1130; 4/139, 142, 467, 468, 499, 500, 533, 551, 552, 565-567, 571, 986, 1019, 1027, 1113; 5/45, 60, 340, 615, 721. См. также отдельные представители
 Карбонильная группа 1/197, 1094; 2/104, 112, 325, 640-648, 770, 809, 810, 854, 913, 1137, 1138; 3/269, 577, 601, 604, 702, 723, 749, 773, 796, 813, 814; 4/447, 515, 1147; 5/375, 405, 424, 493, 543, 648, 651
 Карбонильные соединения 2/642. См. также *Карбонильная группа*
 алифатические 1/602, 953, 1221, 1222; 2/305, 330, 331, 457, 809, 810, 1080; 3/10, 11, 688, 1050, 1051, 1058, 1059; 4/898, 924, 933, 986, 991, 992, 1133, 1134, 1184, 1191
 ароматические 1/980, 981; 2/330, 809, 810; 3/11
 бифункциональные, см. *Дикарбонильные соединения*

жирно-ароматические 1/953; 2/809, 810, 1080
 кластерные 2/641, 793-796
 металлов, см. *Карбонылы металлов*
 ненасыщенные 1/1077, 1204; 2/106, 107, 751, 787, 966, 1080; 3/350, 549
 оксиды, см. *Углерода диоксид*, *Углерода оксид*
 полигидроксизамещенные, см. *Углеводы*
 получение 1/316, 656, 1073, 1077; 2/82, 119, 245, 421, 1103, 1107, 1108, 1155; 3/438, 439, 506, 552, 556, 659, 739, 767, 791, 792; 5/943. См. также *Гидроформилирование*, *Карбоксилрование*
 свойства 1/150, 592, 941, 942, 956, 980, 981, 988, 1067, 1075, 1113, 1116, 1203, 1204; 2/66, 104-106, 140, 247, 248, 378, 421, 457, 647, 741, 751, 772, 813, 814, 941, 1143, 1276; 3/224, 285, 289, 316, 515, 516, 548, 549, 604, 679, 700, 708, 722, 739, 767, 768, 790, 791, 891, 1023-1025; 4/310, 512, 803, 804; 5/65, 96, 132, 142, 241, 256, 258, 262, 276, 280, 293, 364, 405, 606, 707, 784, 785, 790, 999. См. также *Альдегиды*, *Карбоновые кислоты*, *Кетоны*, отдельные представители
 Карбонитриды 3/509, 510; 4/575, 1009, 1010, 1176, 1177; 5/762, 766
 Карбонитрил 3/573
 Карбоновые кислоты 2/643
 алифатические 1/619, 620, 862-865, 953, 1027-1029; 2/28, 616, 644, 645; 3/876, 945; 4/205, 206, 833, 866, 923, 1126; 5/207, 410. См. также *Алифатические соединения*
 амидины 1/228, 107, 421; 2/69, 123, 374, 402, 420, 742; 3/513, 683, 830, 1028, 1029, 1050, 1167; 4/1248, 1249
 амиды, см. *Амиды карбоновых кислот*, *Этаноламиды жирных кислот*
 аминпроизводные, см. *Аминокислоты*
 ангидриды, см. *Ангидриды карбоновых кислот*, *Галогенангидриды карбоновых кислот*
 ароматические 1/1028, 1029; 2/28, 644-648, 1142, 1270; 3/68, 373, 374, 945; 4/1126; 5/305, 775. См. также *Ароматические соединения*, *Бензолполикарбоновые кислоты*
 бифункциональные, см. *Дикарбоновые кислоты*
 высшие, см. *Высшие жирные кислоты*
 галогенпроизводные, см. *Галогенкарбоновые кислоты*
 гетероциклические 2/34; 3/156. См. также *Гетероциклические соединения*
 гидразиды, см. *Гидразина замещенные органические*
 гидроксипроизводные, см. *Оксикислоты*
 жирно-ароматические 1/709, 1027, 1028
 имиды, см. *Имиды карбоновых кислот*
 метаболизм 3/611, 617, 618, 621-623
 нафеновые, см. *Нафеновые кислоты*
 ненасыщенные 1/964; 2/640, 644, 646, 1106; 3/9, 70, 395, 604; 5/263
 номенклатура 2/643; 3/573-575

оксопронизводные, см. *Альдегиды и кетокислоты*, *Оксикарбоновые кислоты*, *Оксикислоты*
 определение 1/681; 2/449, 507, 648, 1271; 3/523, 795-798; 5/693
 основность 1/1133; 2/298, 643, 1179; 3/377, 378, 866, 1102, 1266
 получение 1/199, 210, 496, 555, 619, 970, 971, 1077; 2/17, 475, 603, 632, 633, 640, 646-648, 677, 1142, 1271, 1274; 3/78, 346, 438, 513, 623, 659, 660, 687, 739, 764, 785, 786, 791, 792, 833; 4/499, 1157; 5/95, 96, 199, 723, 724, 785
 применение 2/648
 свойства 1/198, 429, 456, 457, 511, 592, 593, 596, 606, 682, 713, 717, 782-784, 943, 952, 953, 956, 960, 996, 1082, 1083; 2/11, 28, 29, 34, 55, 82, 107, 108, 211, 246, 402, 411, 413, 629, 642-646, 747, 799, 863, 900, 947, 970, 971, 1057, 1252, 1279; 3/119, 226, 289, 513, 515, 683, 814-817, 887, 1059, 1163, 1164; 4/802; 5/9, 10, 36, 84, 123, 125, 197, 208, 239, 280, 369, 825, 856, 1042. См. также индивидуальные представители
 смесь, см. *Полова правило*
 удлинение цепи, см. *Арндта-Айстертта реакция*
 циклы, см. *Глюкоксилатный цикл*, *Трикарбоновых кислот цикл*
 эфиры 1/443, 619, 620, 644, 1075, 1097, 1144-1148, 1203; 2/71, 417, 645, 647, 747, 784, 785; 3/739, 1227; 4/512, 898. См. также *Ортоэфиры*, *Эфиры простые*, *Эфиры сложные*
 Карбопласты, см. *Углеродпластики*
 Карбораннленилсилоксановые каучуки 2/1012
 Карбораннл-радикал 1/951
 Карборансодержащие полимеры 2/648, 649, 652; 1/594
 Карбораны 2/649, 648, 650-652; 3/82, 392; 4/26, 76; 5/636
 Карборезин 3/444
 Карборунд 2/222, 223, 734, 1029. См. также *Кремний*, *карбид*
 Карбосульфат 2/473
 Карботермия 2/1235, 1287; 3/492, 1069; 4/571, 981
 Карботиальдегиды 4/1132
 Карбофаны 5/742-745
 Карбофос 1/106; 2/471, 1274
 Карбофункциональные соединения германийсодержащие 1/1039
 кремнийорганические 1/1109
 Карбофуран 2/473; 3/115, 405
 Карбохромен 1/519
 Карбоцепные волокна 4/1082
 Карбоцепные полимеры 1/858, 860; 2/653, 797, 1018; 3/1119, 1120, 1139, 1205, 1261; 4/305, 1082, 1084; 5/22, 306, 389, 397, 398
 Карбоцефалоспорины 5/697
 Карбоцианиновые красители 3/129
 Карбоциклические соединения 2/622; 3/390, 573, 784, 1049; 4/1090, 1092; 5/719, 725. См. также *Алифатические соединения*, *Ароматические соединения*, *Циклические соединения*
 Карбюраторные масла 3/277
 Карбюраторы 5/452
 Карвакрол 2/652
 Карвенон 2/600
 Карвоментен 3/59
 Карвон 2/652, 747, 1179
 Каргина-Слонимского-Рауза модели 4/490
 Карламоновое масло 4/1093
 Карделимидин 3/566, 567
 Карденолиды 1/1130; 5/1044

- Кардиамин 5/979
Кардиолипины 2/187, 188
Кардиотонические средства 2/601
Кардиотропные токсины 4/1195
Кардовая группа 2/652, 653
Кардовые полимеры 2/652, 653;
3/1212, 1247; 4/26
Карелинит 1/678
Карены 2/653, 59, 283, 1165; 1/669;
3/58, 60; 4/714, 715, 1090, 1092,
1093; 5/438
Каринекс 4/40, 41
Кариокластические яды 4/236
Кариофиллин 4/660
Кариофиллен 2/654; 4/660, 661;
5/438, 1004
Кариуса метод 2/654; 1/949; 3/169
Кариофлекс 1/635; 2/375–378
Каркасные соединения 1/141, 364,
365, 379, 598; 3/227, 439. См. также
Полиэдрические соединения
Карлон 4/80–82
Кармана гипотеза 3/947
Кармин 2/973, 976
Карминовая кислота 2/973; 3/689
Карминон 1/356; 4/235, 236
Кармустин 4/234
Карналит 1/611, 951, 956; 2/498, 559,
572, 1233–1235, 1246; 4/555, 557;
5/551, 563, 654, 854
Кариабуксик воск 1/825–827; 5/835
Карнахана–Старлинг приближение
5/71
Каритин 2/654, 655; 3/619, 620
Каритин-ацилкаритин-транслоказа
2/655
Каритин-ацилтрансферазы 2/654,
655
Карнитинхлорид 2/655
Карио теорема и цикл 4/1028; 5/596
Карно–Клаузуса уравнение 5/956
Карнозин 2/655, 656; 1/138, 303, 304;
3/928, 934
Карнозиназы 2/655
Карнозинсинтаза 2/655
Кариотип 1/672; 5/73
Каро кислота 3/541, 974; 4/632, 644
Караббит 2/572
Каролит 2/819
Каром 2/375–378
β-Каротан 3/378
Каротиноиды 2/656, 306, 378, 533,
606, 657, 658, 660, 969, 972, 974;
1/15, 1026; 3/48, 621, 622, 786, 1089;
4/381, 513, 588, 744; 5/259, 344, 515,
1000
углеводороды, см. *Каротины*
Каротины 1/740, 750; 2/303, 606, 656–
658, 972; 3/156, 378, 407, 1089,
1225; 4/108, 381
Карпелитимин А 2/1135, 1136
Каррабиоза 2/659
Карраген 3/1088
Каррагинаны 2/658, 659, 660; 4/36, 38,
39; 5/38
Картазол 2/990
Картамин 2/990
Картал 2/469
Картон 1/386, 563, 622, 624, 716, 802,
831; 2/208, 322, 602, 802, 990;
4/572; 5/371, 665
Карты
генные 1/1009, 1010
распределения рассеивающей плот-
ности 2/190
электронной плотности 5/874, 875
Карусельные аппараты
сушилки 4/967
фильтры 3/637; 5/189, 193, 194
экстракторы 5/823
Карцеранды 4/858
Каскадные устройства
для разделения изотопов 2/389, 390
идеального смешения 3/422
- ускорители заряженных частиц
2/502, 503, 1062
Каскадент 4/710
Каспера–Франка полиэдры 2/482
Касселева зелень 1/458, 463; 2/1278
Кассиев золотой пурпур 3/758
Кассиевое масло 2/936, 937, 1100
Кассипури 4/652
Касситерит 1/1021; 2/222, 443; 3/242,
632, 636, 698, 753, 756; 4/979; 5/206
Касторме 5/86
Кастореум 1/572
Касторовое масло 2/660, 808, 1321;
1/139, 151, 153, 1023; 3/302, 728;
4/54, 167, 377–380, 383, 494, 526,
543, 544, 607, 721; 4/919; 5/68, 1006
Касугамидин 5/417, 422
Катаболизм 1/1097, 1118, 1119;
3/611–623, 684, 879; 4/212, 427,
524, 654, 1119, 1259, 1260; 5/244–
246
Катакальция 2/581
Каталаза 2/660, 661; 1/1096; 3/697;
4/524
Катализ 2/661, 753; 4/416; 5/177. См.
также *Катализаторы*
асимметрический 1/389, 392
ассоциативный 2/662, 663
в промышленности 2/664–666. См.
также *Каталитические процессы*,
Каталитический крекинг, *Ката-
литический риформинг*
гетерогенно-гомогенный 2/661, 663
гетерогенный, см. *Гетерогенный ката-
лиз*
гомогенный, см. *Гомогенный ката-
лиз*
и действие полупродуктов, см. *Ав-
токатализ*
кислотно-основной 2/770, 304, 645,
664, 666, 745, 746, 771–774, 986,
1080; 1/181; 3/516, 708, 738;
5/152
контактный 1/1050–1059
межфазный 3/24, 21, 25, 33, 109,
181, 516, 765; 1/392; 2/661, 987;
4/341, 1166; 5/312
мембранный 3/45, 46, 50; 5/179
металлокомплексный 3/76, 77–80,
103, 104; 2/670, 677, 919, 921;
5/179, 365, 711
механизмы 2/662–664
микрогетерогенный 2/661
мицеллярный 3/185, 163, 186; 2/661
мультиплетная теория 1/1059
мюонный 3/32
на однородных и неоднородных по-
верхностях 2/663, 664
окислительно-восстановительный
2/665, 663, 664, 666–668; 2/77–79
отрицательный 2/661
парамагнитными частицами 1/1158
под действием света, см. *Фотоката-
лиз*
положительный 2/661
слитный 2/662
стадийный 2/662, 663
«трифазный» 3/24
ферментативный 5/152, 153, 179;
1/553, 558; 2/661, 690, 757; 3/77,
666, 667; 4/1119
электрохимический, см. *Электроката-
лиз*
Катализаторы 2/666; 4/416. См. также
Катализ, *Каталитические процессы*
активность 1/125, 126, 1050, 1051,
1054, 1055; 2/666, 667, 680, 685,
689; 4/425
алфийные 1/631, 632
би- и полифункциональные 1/1057,
1160; 2/664, 676
биосинтеза 1/470, 553. См. также
Ферменты
- взаимный переход, правило перене-
са 2/693
время оборота 2/691, 715
газоочистки 1/903, 904
гидратации 5/996
гидрирования, см. *Гидрирование*
гидрогенолиза 1/1089
гидродеалкилирования 1/1089
гидросилилирования 1/1108, 1109
гидроформилирования 1/1112
гранулирования 2/670
графитирования 1/1194
деалкилирования 2/6
дегидрирования 2/670, 671; 1/1089;
3/324; 4/869; 5/127, 133, 222,
223, 724, 734, 1046, 1047
действительного обмена 3/125
для топливных элементов 3/1130
дожигания выхлопов автомобилей
2/666, 668, 672; 3/325, 873, 1129;
5/46, 179
и ударные волны 5/52
интеркальные 2/477
ионные 1/308, 527; 2/670, 673, 706,
771, 773
как отвердители 3/838, 839
карбонилирования 2/640
кластерные 2/797; 4/1160
кратность циркуляции 2/679
металлодержащие 1/1055–1059,
1085, 1112; 2/670, 674, 685, 822–
826, 921; 3/84, 484, 737, 950
– комплексные 1/1160, 1161;
2/673, 797, 922; 3/77–80; 5/312,
314. См. также *Циглера–Натты ката-
лизаторы*
– скелетные 2/664, 669, 670; 4/132.
См. также *Ренея никель*
метатезиса 3/103, 104
механическая прочность 2/667, 668
модифицирование 4/193
нанесенные 3/324, 45, 46, 325;
1/1056–1059; 2/662, 664, 666–
671, 673–677, 770, 774, 797; 4/673
окисления 2/671, 666–669, 672, 674,
741, 1273; 1/903; 3/79, 241, 325,
672, 673, 699, 732, 767, 768, 1129;
4/193, 943; 5/378, 379, 991
определение 2/755, 756
Паулика–Рота 4/500
переносчики 5/903
Петрова 2/304
плавление 2/670, 677
поликонденсации 3/1208, 1209,
1257, 1258, 1261; 4/62, 943; 5/136
полимеризации 2/673, 210, 284, 285,
464, 554, 642, 665, 674, 706, 921,
922, 1013, 1017, 1137, 1202, 1208,
1237; 1/130, 631–633, 636, 1161,
1194; 3/78, 80, 103, 104, 307, 325,
350, 444, 478, 723, 732, 736, 808,
838, 856, 857, 972, 1131, 1208,
1220, 1251, 1266, 1268; 4/30, 31,
669, 670, 976, 1111, 1258; 5/10,
400, 614, 636, 711, 712, 722, 730,
731, 757, 983, 992
полупроводниковые 1/1054, 1055,
1059
приготовление 1/1050; 2/613, 668–
677
промотированные 2/661, 664, 666,
675–677, 680, 685, 693; 4/193, 293
процессов нефтепереработки 2/674,
32, 675–683; 1/1089–1091, 1106,
1107; 3/324, 325, 1065; 4/157,
193, 467, 983; 5/679–682. См. так-
же *Каталитический крекинг*, *Ка-
талитический риформинг*
– фотохимических 5/333
– электродных 5/846, 847
регенерация 2/668, 674, 678, 679
рекристаллизация 2/668
реология 5/172
самоускоряющихся реакций 1/18
- селективность 1/1051, 1057, 1058;
2/662, 667, 671, 672, 680, 685, 689;
5/552
синтеза капролактама 2/615, 616
– на основе CO и H₂ 2/677, 663, 666.
См. также *Углерода оксид*
– полиуретанов 4/54
– серной кислоты 4/644–647
скелетные, см. *Скелетные катали-
заторы*
смешанные 1/1056, 1057; 4/193
Спайера 1/1108, 1109
стереоспецифические 2/674, 922;
3/78
стоимость 2/668
таблетирование 2/667, 670, 970
Твитчела 2/304
термостойкость 2/668
углеволокнистые 5/49
Уилкинсона 2/670; 3/78
форконтакты 2/668
цеолитсодержащие 5/679, 680–682;
2/674–676, 680
циклизации 3/1129
эффекты ансамбля и лиганда 2/667
ялы, см. *Ялы катализические*
Катализаторы 2/756, 757; 4/640
Катализаторы. См. также
Катализаторы
акцепторные 3/1258, 1260; 4/95
алкилирования 2/117, 380, 665, 667,
678, 679, 682; 3/25, 122, 252, 516;
4/193, 310, 311, 1111; 5/34, 142
аминирования 1/271, 272; 2/1155;
3/107
аммонолиз 2/667; 3/516, 1079
ацилирование 2/732, 887, 888;
3/252; 5/449, 450
бимолекулярные 5/938, 939
восстановление 1/306; 2/117, 129,
364, 646, 663, 944; 3/78–80, 121,
515, 549; 4/538, 539, 1200
газификация твердых топлив 2/665
газоочистка 1/901–904; 2/666, 668,
672; 3/325, 873, 1129
гетерогенные 1/1049, 1083; 2/663,
664, 688–693, 851, 1257, 1258,
1260, 1261
гидратация 2/664, 1107, 1108;
3/128, 364
гидрирование, см. *Гидрирование*
гидрогенолиз 1/1089; 2/667, 752;
3/346, 933
гидродеалкилирование 1/1089,
1090; 2/6; 3/46, 372, 373
гидродеароматизация 1/1090;
2/674–676
гидроочистка 1/1090
гидрокрекинг 1/1090, 107, 140, 778,
926, 927, 1083, 1089–1091, 1106,
1220; 2/7, 665, 674, 676, 678, 684,
1005; 3/350, 441–444, 462; 4/526,
650
гидролиз 1/1099, 1100; 3/438
гидробессеривание 1/1106, 1107,
1108; 2/32, 674–676; 3/441–444;
4/193, 400
гидроочистка 1/1107, 778, 926, 927,
1083, 1088–1090, 1108; 2/168,
169, 665, 678, 681, 682, 685, 687,
737, 738, 904, 1093; 3/441, 442,
444, 462; 4/400, 526, 650
гидросилилирование 1/1108, 1109;
3/1131
гидроформилирование, см. *Гидро-
формилирование*, *Окислительный*
гидроформинг 1/1113; 2/684
гидроанирование 1/1116
гомогенные 1/1158–1161; 2/688–
691, 756, 757
дегидратация 2/664, 889; 3/123, 515,
1081
дегидрирование, см. *Дегидрирова-
ние*

- дегидрохлорирование 5/12
дегидроциклизация 1/1113; 2/12, 678, 684; 3/45, 346; 4/193; 5/714
декарбоксилирование 2/28, 29, 1169
деметаллизация 2/32, 6, 1327; 1/1106–1108; 3/441, 462
депарафинизация 2/34, 363
деструкция полимеров 2/1013
диспорционирование 2/1022; 5/309, 548, 549, 681, 712
диссоциация 2/326
изомеризация 1/1090; 2/676, 678, 679, 684, 1211; 3/80, 324, 346, 1129, 1131; 4/947; 5/681, 713, 739
ингибиторы 2/433, 661. См. также *Яды каталитические*
индикаторные 2/756, 757
квазистационарные 2/689, 690, 693, 715
кинетика 2/688, 689–693, 1257–1261; 1/1050; 3/429
карбонилирование 4/1153; 5/56
конденсация 1/1024, 1025; 2/664, 678, 682, 684, 813, 851, 889, 986, 1080; 3/323, 744; 5/142
коррозия металлов 2/953, 955
крекинг, см. *Каталитический крекинг*
метатезис 3/103, 104
окислительно-восстановительные 2/615, 663, 747, 797, 938, 1272–1274; 3/116, 664, 665; 4/803; 5/56, 378, 379, 942
олигомеризация 5/713
парафазы 5/378, 379, 723
пересалкирование 3/936
переминирование 3/937
перезтерификация 2/639, 1022
пирилиз 2/1165; 3/1065
поликонденсация 3/1208, 1209, 1212, 1257, 1258, 1260, 1261; 4/62, 95, 943
полимеризация, см. *Катализаторы полимеризации*
рифформинг, см. *Каталитический рифформинг*
с одноклеточным переносом 2/663
силилирование 2/1021, 1022
сложные 4/721
со слоем катализатора 2/667, 668, 682, 683, 687, 688. См. также *Псевдооживление, Псевдооживленный слой*
стационарные 2/689–691
стереоселективные 2/129
сульфохлорирование 4/1111
термолит 2/623
ферментативные, см. *Ферментативные реакции*
фотолиз 2/623. См. также *Фотокализ*
хлорирование 4/393, 1111; 5/13, 580
цианэтилирование 5/709, 710
циклизация 2/678, 679, 1108, 1109; 3/477, 478, 1129
циклические режимы 5/718
электродные 4/128
электрохимические, см. *Электрокатализ*
электронная корреляция 2/905
элиминирование 5/938, 939
этерификация 2/702; 5/10, 260
Каталитический крекинг 2/677, 7, 166, 169, 365, 628, 664, 665, 668, 674, 675, 678–683, 774, 1005; 1/926, 927, 1065, 1089, 1106, 1167; 3/2, 346, 441–444, 448, 462, 726; 4/157, 194, 263–265, 1085; 5/680, 682, 715
Каталитический рифформинг 2/684, 12, 168, 665, 674, 676, 685–687, 1005, 1093; 1/926, 927, 1089, 1107, 1113; 3/27, 127, 324, 346, 441–443, 446, 450, 462, 466; 4/263–265, 526; 5/681, 833
Катальное масло 4/377
Катапны 2/693, 694
Катарин 2/458, 459
Катаринхлорид 2/1322
Катарометрия 1/909; 2/44, 45, 50, 609; 5/33
Катастрофическое окисление, см. *Газовая коррозия*
Катафорезные лакокрасочные материалы 1/774, 775
Катенаны 2/694, 695; 1/444; 3/787; 4/540, 858, 1214, 1215; 5/538, 719
Катепины 2/695, 760
Катехины 1/347, 556, 557; 5/201, 202
Катехол 2/695
Катехоламины 2/695, 222, 696, 697, 1152; 1/51, 318, 369, 745, 1156; 3/579; 4/524, 1170; 5/1042, 1049
Катехолборан 1/601
Катехол-О-метилтрансфераза 2/696
Катехолоксидазы 3/271
Катехольные эстрогены 5/971
Катионат-7 2/83
Катиониты, см. *Катионообменные смолы*
Катионные процессы. См. также *Катионные соединения*
обмен 2/675, 676
подготовка воды 1/771, 772; 2/283
полимеризация 2/697, 628, 673, 698, 699, 920, 1266, 1267; 1/645; 3/682, 683, 723, 732, 734, 738, 913, 1208, 1224, 1226, 1244, 1267, 1269; 4/64, 83, 94, 764, 1087
теломеризация 4/1027
Катионные соединения. См. также *Катионные процессы*
ингибиторы коррозии 2/435, 436
катализаторы 2/673
σ-комплексы 2/534
красители 2/699, 700, 701, 976, 977, 979, 982, 991, 992, 995, 996; 1/83, 494; 3/128–132, 523, 536, 675, 676, 690, 694, 833, 834, 997, 1199, 1200; 4/50, 91
поверхностно-активные вещества 2/83, 216, 413, 693, 694, 699, 724, 817, 1150, 1218; 3/181, 184, 287, 683, 992, 1163–1166, 1170; 4/1012, 1013
смолы 2/701, 445, 504, 506, 507, 520, 645, 702, 752, 764, 770, 774, 784, 1171, 1181; 1/163, 311, 771, 772; 3/26, 41, 54, 128, 663; 4/84, 975, 1103, 1256; 5/133, 142, 160, 367. См. также *Иониты*
флокулянты 5/204
флотореагенты 5/207
Катионогенные воды 1/768, 769
Катионообменники 4/944; 5/49, 553, 554
Катионообменные смолы, см. *Катионные соединения*
Катионотропные перегруппировки 3/938, 939; 4/991
Катон-радикалы, см. *Ион-радикалы*
Катионы 2/526
в соединениях, см. *Ионы, Катионные соединения*
зарядовое число 2/320
как элементы питания, см. *Комплексные удобрения*
номенклатура 3/573, 575, 576
определение 2/709, 710
органические, см. *Карбокатионы*
радикалы, см. *Ион-радикалы*
реакции, см. *Катионные процессы*
электропроводность 2/864
Като условие 5/874
Катодные процессы (методы). См. также *Катоды, Электродные процессы*
восстановление 2/952–955
гальваностегия 5/911
и коррозия металлов 2/321, 952–955. См. также *Защита от коррозии, Электрохимическая защита*
легирование 3/890
люминесцентный микроанализ 2/702, 703, 1212, 1213; 5/878
люминесценция 2/410, 583, 702, 703, 1220, 1225–1227; 5/872, 878
осаждение 4/123
поляризация 3/1180; 4/123
распыление 2/511; 3/71, 334
растворение 2/1098
электрогравиметрия 1/1182
электроосаждение 5/913, 914
Катоды. См. также *Электроды*
автоматические 3/501
генераторов 2/548
термоэмиссионные 2/537
фотохимические 3/696; 4/558
Катофоретическое электроосаждение 2/1130
Каттерит 2/820
Каудоксия 5/1036
Каурен 1/1064
Каури-бутанол 4/359
Каустическая сода 3/856, 863. См. также *Натрий, гидроксид, Щелочи*
Каустобилиты 2/703; 3/1193
Каучук натуральный 2/703, 285, 376–378, 704, 705; 1/633, 645, 861; 3/407, 646, 1114, 1115; 4/291, 849, 851, 852, 1076, 1089, 1090; 5/52, 564, 565
герметики 1/1045
клей 2/802; 4/444
латекс 2/1148, 703, 1149; 4/121
пленки 3/1135
резины 4/441, 443, 444
Каучуки синтетические 2/705; 5/467, 535, 572
акрилатные 1/115, 116, 641, 707, 708; 3/1196; 4/41, 442, 443; 5/398, 960
альтернативные 1/630
антиоксиданты 2/376; 3/383
бифункциональные 2/284–286
бромбутиловый 1/646; 3/1224
бутадиен-акрилонитрильные 1/629–631; 3/436
бутадиен-нитрильные 1/629, 116, 118, 179, 502, 628, 630, 631, 636, 719, 1043, 1045; 2/705, 706, 804; 3/327, 1115, 1243; 4/130, 342, 441–445, 732, 766; 5/134, 799, 960
бутадиеновые 1/631, 628, 630, 632–635, 637, 645; 2/377; 3/79, 273, 326, 349, 1114, 1243; 4/40, 41, 130, 441, 443, 444, 851; 5/565, 730, 799, 993
бутадиен-стирольные 1/635, 628, 630, 633, 634, 636, 637, 719, 831, 858, 1045; 2/377, 705, 706; 3/326, 327, 719, 1115; 4/40, 41, 441, 443–445, 661, 732, 869, 870; 5/799, 951
бутиловый, см. *Бутилкаучук*
винилпиридиновые 1/718, 719, 720, 847; 3/111, 1229
гранулирование 1/1188
дивинил-нитрильные 1/629
дивиниловые 1/631
дивинил-стирольные 1/635
диеновые 2/99, 100, 284–286; 3/660
«жесткие» 1/630, 636
жидкие 2/284, 285, 286, 631, 705, 1014; 1/632, 646, 647; 3/743, 750, 1121; 4/40, 42, 55, 57
изопреновые 2/375, 376–378, 705, 706; 1/633, 634, 637, 645, 928; 3/326, 1114, 1115; 4/1076; 5/799
карбоксилатные 2/631, 804, 999, 1150; 3/70; 5/134
кремнийорганические 2/1012, 705–708, 868, 1013, 1014, 1016–1018; 1/647, 845, 921, 1043; 3/273; 4/130, 442, 443, 445; 5/398
латексы, см. *Латексы синтетические*
лиотропные 2/287, 289
«мягкие» 1/630, 636; 3/1116
модифицирование 3/201–203; 4/166, 167
наполненные 3/326, 327, 328; 1/633, 636; 2/377, 704, 705
натрийбутадиеновый 1/632; 2/708
немагнитические 2/287, 288
неорганические 3/419, 4/65
нитрильные 1/629
пластикация 2/40; 3/146, 147, 1114, 1115
пластификаторы 2/92; 3/378, 683, 1116, 1117; 4/610
полиолефиновые 5/729, 730, 731, 993
полисульфидные 4/41, 42, 43, 442, 443; 1/502, 630, 636, 647; 2/204, 705–708; 3/363, 972
получение 2/665, 673, 706–708; 3/1266; 4/1139
применение 2/706–708, 1192; 3/1135. См. также *Резино-технические изделия, Резины*
пропиленоксидный 4/203, 31, 94, 202, 204, 707, 708
противостарители 4/240
свойства 1/872, 873; 2/208, 1101; 3/144, 145; 4/291, 441, 443, 998
силиконовые 2/1012
силоксановые 2/1012; 4/130; 5/398
смектичные 2/287, 288
стабилизация 4/304, 1139
стереорегулярные 3/79, 1267; 5/712, 730
сшивание макромолекул, см. *Вулканизация*
термостойкие 2/706–708; 3/419, 542
термолюминесценция 4/1075
термотропные 2/287, 289
термоэластопласты 4/1087, 1088, 1089; 5/86, 87
уретановые 1/647, 847; 2/66, 705–708; 4/291, 441–444. См. также *Уретановые эластомеры*
фторированные, см. *Фторкаучуки*
хлорированные, см. *Хлоркаучуки*
хлорпреновые 5/571, 554, 565, 570, 572, 960; 1/563, 636, 645, 860, 948; 2/705, 706, 1320; 3/1115; 4/130, 442–445
холестерические 2/287, 288
циклоолефиновые 5/341, 735
чередующиеся 1/630
эмульсионные 1/635–637; 2/602, 603, 1149; 3/376
эпихлоргидриновые 5/959, 960, 961; 2/707, 708; 4/94, 203
эпоксидные 4/31, 203; 5/959
этилен-пропиленовые 5/991, 397, 982–984, 992, 993; 1/645, 845; 2/206, 705, 706, 922; 3/661, 739, 1114; 4/28, 130, 198, 441, 443, 734, 1089
Качественный анализ 2/709, 710–712; 1/292, 293; 5/195, 489, 490, 497. См. также отдельные методы
активный 1/119–121; 2/387, 503, 712; 3/402, 431; 4/327, 436
бесструктурный 1/542, 543
биологический 1/549, 550
газовый 1/914–918
идентификация, см. *Идентификация химических*
индикаторный радиоактивный 4/327, 328
— реактивных бумагами 4/398
капельный 2/606, 553, 607, 711; 1/542; 3/161, 431
люминесцентный 2/1218

масс-спектрометрия 2/1315, 1316
микрохимический, см. *Микрохимический анализ*
молекулярный 3/230, 231
неразрушающий 3/430, 431
органических веществ 3/794–799.
См. также *Реагенты органические*
реентгеновский 4/475, 476; 5/879
сортовой 2/1218
спектральный 3/209; 4/775–780;
5/879
спектрофотометрия 4/784
фазовый, см. *Фазовый анализ*
хроматографический, см. *Хроматография*
хромато-масс-спектрометрия
5/627–630
элементный, см. *Элементный анализ*
Кашалотовый жир 1/866
Каши правило 5/351
Кашмилов 3/1198–1200
Каянекс 2/342
Каяфенон 1/1026
Квадратные веса 1/685, 689–692
Квадратная кислота 3/723, 724, 986
Квадратноволюновая вольтамперометрия 1/809
Квадрены
Квадрициклан 3/579
Квадрициклие 5/333
Квадрупольное взаимодействие 2/713;
3/67, 68; 4/587
Квадрупольные масс-спектрометры
2/1313, 1314
Кадрупольные моменты 2/712, 330,
713, 714, 727; 3/67, 158, 468; 5/1023,
1032
Квадрупольный резонанс, см. *Ядерный квадрупольный резонанс*
Квазигомогенное приближение
2/1257, 1258, 1260
Квазикристаллическое состояние
2/714, 715
Квазикристаллы 2/714, 485, 715, 1069;
4/368
Квазимонохроматические пирометры
3/1070, 1071
Квазидиометрические проводящие материалы 2/797; 4/1107
Квазипергруппировка Фаворского
5/95, 96
Квазиравновесная плазма 3/1094,
1095, 1098–1102
Квазирацематы 4/389
Квазисоединения
арсониевые 3/316, 317
сульфониевые 1/361, 362
фосфониевые 2/716, 717, 764;
1/360, 361; 3/1091; 5/292, 294,
295
Квазисостояния квантовой системы
связанные 3/206
энергетические 2/728
Квазистатистические процессы 1/839
Квазистационарность
и каталитические реакции 2/689,
690, 693
и туннельный эффект 5/27, 28
концентрация, метод 2/715
приближение 2/715, 689, 759, 849;
4/307, 722; 5/686
Квазихимические модели жидкостей
2/301
Квазичастицы 4/826, 994, 996, 997
Квалидил 2/1105
Квантовая диффузия 2/1035
Квантовая механика 2/717, 718–722;
3/205; 4/787; 5/177, 461–463
вариационная, см. *Вариационный метод*
и значения операторов, см. *Квантовые числа*

и конформационные эффекты
2/911, 912
и состояние системы, см. *Квантовое состояние*
и химия, см. *Квантовая химия*
принцип Паули 3/892, 893
нерелятивистская 2/717
релятивистская 2/721; 4/686
уравнения, см. *Волновые функции*,
Шредингера уравнения
Квантовая химия 2/722, 721, 723–725;
3/205–208; 5/177, 509, 875–877. См.
также *Квантовая механика*
и конформации молекул 2/911
и межмолекулярные взаимодействия
2/725; 3/17, 20, 21
метод(ы) адиабатического приближения
1/45, 46, 856; 2/125, 723–
726; 3/206, 207, 467
– валентных схем, см. *Валентных связей метод*
– вариационный 1/681, 666, 682;
2/721, 723, 726, 904; 3/233, 234,
468
– неэмпирические 3/467, 468, 469;
1/1066, 1067; 2/723, 1211; 4/119,
121
– полумэмпирические 4/119, 120,
121; 2/723, 1211; 3/468, 469
– самосогласованного поля 2/722
– Хюккеля 5/642, 643, 644
молекулярные интегралы 3/222, 223
расчеты, см. *Молекулярных орбиталей методы*
теория возмущений, см. *Возмущения в системах*
– поля лигандов 4/121, 122
Квантовая эквивалентность, закон
5/357, 682
Квантовая эффективность 5/351
Квантовое поле 2/721
Квантовое состояние 2/725, 147, 718,
719, 726; 3/205; 4/244, 826; 5/868
атомных ядер 5/1032–1034
в полупроводниках 4/103–105
волновые функции 3/205–207
время жизни 2/726
жидкостной 1/1003; 2/299, 300;
5/103
и механизмы реакций 3/140
и принцип Паули 3/892, 893
мультиплетность 3/287, 288; 2/727,
728
скачкообразные изменения, см.
Квантовые переходы
статистический вес 4/824, 825
уравнение Лиувилля 2/719
Квантовое туннелирование 1/125;
2/318, 728, 729, 755. См. также *Туннельный эффект*
Квантовые генераторы, см. *Лазеры*
Квантовые переходы 2/726, 124, 125,
406, 717, 725, 727–730; 3/207, 468;
5/66
безызлучательные 2/726, 728, 729,
1220–1223; 3/654; 4/410
в мезонной химии 3/31
в многофотонных процессах 3/189,
190
в фотохимических реакциях 5/350,
351
в электронно-не жестких молекулах
3/394
вертикальные 2/528
задача о вероятности 1/799
и когерентное излучение 2/728
и комбинационное рассеяние света
2/728, 864–867
и потенциалы ионизации 4/151
и реакции в растворах 4/410
и резонанс ядерный квадрупольный
2/714
и – магнитный 5/1028

и спектры колебательные 2/852,
853–855
– молекулярные 3/229, 230
– электронные, см. *Электронные спектры*
излучательные 2/726–729, 1220–
1223; 3/654. См. также *Лазеры*
интеркомбинационные 3/288
комбинированные 2/853, 854
невертикальные 2/528
обертонные 2/853
правила отбора 2/729, 730, 852–854,
865, 866, 1220; 4/692; 5/883, 884
при люминесценции 2/727, 729,
1220–1223
франк-кондоновские 2/528
частоты, изотопическое смещение
4/587
эффект Зеемана 2/328, 143, 329,
330, 1239, 1245; 1/407, 409;
3/158, 209; 4/798
– кинетический изотопный 2/758
– Оже 3/654
– спинные 4/789, 790
Квантовые числа 1/792; 2/720, 726;
3/287, 778; 4/470, 783, 786; 5/882,
930, 931
главное 1/403, 791; 2/721; 4/470
и магнитные моменты молекул
2/1232
и периодичность электронных конфигураций 3/959, 960
и предиссоциации 4/160
и принцип Паули 3/892, 893
колебательные 2/852–854
магнитное 1/404
орбитальное 1/404, 791, 792; 2/721
спиновое, см. *Спин*
Квантовый выход
и светостойкость полимеров 4/590
и эффект клетки 2/810
люминесценции 2/220, 1220, 1222–
1224; 3/769; 5/150, 444–446, 812
фотохимических процессов 5/339,
350, 351, 353, 357, 359, 362
Квантометры 1/294; 4/778, 779
Кванты излучения, см. *Фотоны*
Кварки 5/931, 932
Кварц 1/540, 587, 1018; 2/48, 208, 222,
223, 334, 354, 1025–1028; 3/165,
167, 633, 698, 838; 4/326, 561, 674,
680, 681, 782; 5/97, 112, 113, 207,
298, 879. См. также *Кремний, диоксид*
абляция 1/2
ахиральность 3/772
бисер 2/354, 355
горный хрусталь 2/222, 776, 1027,
1028, 1064; 3/167; 4/834
жильный 2/733, 776, 1027
как наполнитель 3/328
как сегнетоэлектрик 2/1071; 5/62
материалы, см. *Кварцевые материалы*
молотый 2/868; 4/838
монокристаллы 1/136, 137; 2/1064–
1066; 3/256, 418; 4/284
плавленый 1/137; 3/325; 4/333, 334
с включениями рутила 4/567
склеивание 2/800
структура 2/833; 5/952
Кварцевые материалы. См. также
Кварц
волокна 2/878, 879, 1028; 3/417;
4/845; 5/503
для термометров 2/574
керамика 2/733; 3/774
мастики 2/1319
мука 3/124; 4/165; 5/143
огнеупоры 3/650
оптические 1/392; 3/772–777; 5/62,
503
песок 1/544, 871; 2/776; 4/834, 838,
842; 5/143, 865

стекло 4/834, 835–838, 847, 1224;
1/778; 2/733, 776, 1027, 1028;
3/775; 4/1224
Кварциты 2/263, 770, 733, 1027, 1287
Квасцы 2/730, 233, 235, 265, 570, 729,
731, 829; 1/207, 537, 935; 3/412,
556; 4/904; 5/182, 453, 455, 456, 611,
619
Кватернизация 1/279, 641, 712; 2/411,
699, 700; 3/1029, 1050, 1263
Кватерон 1/280
л-Кватерфенил 4/1095
л-Квебрахиты 5/715
Кверцетин 2/731, 973, 1218; 1/322,
336, 519, 556, 557; 5/203
Кверцитрин 1/557; 2/731, 973
Квестран 1/1118
Квиндоксин 4/232, 233
л-Каниквефенил 4/1095
Квинтетные состояния 3/287
Квинтоцен 5/417
КВЭ, см. *Кластерные валентные электроны*
Кевлар 1/805; 4/1083
Кедровые продукты
бальзам 1/452; 2/284
камфора 5/654
масло 3/302; 4/377–380
Кедрол 1/660; 2/598; 3/292, 293;
4/1090
Кейделя метод 1/109
Кеки 2/552, 553; 4/319
Кекуле структуры валентных связей
1/666
Кекуле – Вант-Гоффа модели 3/227
Келлин 1/519; 4/774, 775
Келфиэри 4/901, 902
Кель F 5/397, 403
Кельвина
градус 4/1028
уравнение 2/607, 612; 3/1170; 4/131
шкала 4/1077
Кельвина-Фойхта тело 4/484
Кельтан 1/107
Кемопласт 5/144
Кемпор R-125 4/134
Кейнига-Кюрра реакция 2/731, 21,
732, 733; 3/269; 5/693
Керамзит 1/544, 1141; 2/328; 3/646,
861, 1001
Керамид 3/1248, 1249
Керамика 2/733, 51, 208, 255, 606, 734,
735, 796, 800, 801, 903, 1028; 1/555,
788, 920, 921, 1125; 3/273, 338, 339,
412, 418, 420, 777, 1000, 1009; 4/157,
291, 681, 709; 5/53, 172, 186, 503,
760, 761, 765, 789, 835, 1057
акустотехническая 1/136
волокна 2/250
гранулированная 2/340
жаропрочная 2/1229
кварцевая 2/733; 3/774
кислотоупорная 2/733, 734, 776
клен 2/800
композиты 2/877–880
конструкционные 2/903; 3/418
магнитострикционная 2/1243
металлосодержащая, см. *Керметы*
оптическая 2/734, 735; 3/774
пластики 4/333
пористая 5/291
пьеzo- и сегнетоэлектрическая
2/209; 4/284, 285, 608; 5/62
радиопоглощающая и радиопрозрачная 4/333
сушка 4/959, 960
тонкая, см. *Фарфор, Фаянс*
«холодная пайка» 1/936
цветная 3/480, 481, 1130; 4/944
электропроводящая 2/1147; 3/1192
«Керамическая труба», прибор 1/1176
Кератоглирт 4/635; 5/552
Кератансульфат 3/286; 4/214, 216

- Кератинны 2/735, 234, 736; 1/801; 4/1127; 5/768, 819
Керидид 4/218
Кериты 1/562, 564
Кермезит 4/942, 951
Кермель 4/1082–1084
Кермес 3/689
Кермессовая кислота 3/689
Керметы 2/736, 545, 547, 625, 733, 737, 879; 1/1210; 3/243, 334, 510; 4/333, 436, 558, 565, 575, 602, 685
Кернит 1/573, 575, 587; 3/351, 352
Керновые пигменты 2/1079; 3/1013
Кероген 1/1177; 3/457
Керосин(ы) 2/737, 166–170, 421, 562, 843, 844, 1175, 1243; 1/630; 3/325, 441, 442, 445–450, 466, 994, 1040, 1061, 1075; 4/223, 342, 359, 460, 461, 725, 928, 975, 1059, 1060, 1078; 5/208, 760, 824
Керра эффект 2/739, 859, 913, 1243; 3/210; 4/125
Кёртина-Гаммета принцип 2/739, 127, 740, 914
Кестозы 5/373, 374
Кетазины 5/791
Кеталар 4/812
Кетали, см. *Ацетали* и *кетали*
Кетамин 4/268, 812
Кетенимиды 1/120
Кетенимины 1/80; 2/420; 3/891; 5/737
Кетены 2/740, 14, 69, 87, 109, 115, 245, 417, 420, 697, 741, 1081, 1180, 1298; 1/231, 422, 425, 436, 437, 443, 810, 811, 943, 992, 1077, 1147; 3/102, 110, 1059; 4/95, 201, 205, 768, 802, 872, 1102, 1136, 1156; 5/222, 241, 585, 607, 666, 737, 783, 790, 989
Кетили 1/530; 2/524; 4/309
Кетимины, см. *Альдимины* и *кетимины*
Кетоальдегиды 2/741, 104, 423, 742, 743, 785, 814, 1032, 1033; 1/710; 3/1024
2-Кетоальдоновые кислоты 3/615, 616
2-Кето-L-арабинат 3/615, 616
2-Кето-D-арабиногептаноат 3/615, 616
2-Кетогалактонат-6-фосфат 3/615, 616
2-Кетоглутарат 3/615, 616
α-Кетоглутаратдегидрогеназа 1/751
α-Кетоглутаровая кислота 1/1152; 2/29, 1179; 3/470, 937, 1043; 4/523
2-Кетоглюконат-6-фосфат 3/615, 616
2-Кетоглюконолактон 1/746; 3/615, 616
2-Кето-3-дезоксигалактоновые кислоты 3/267, 621
α-Кетодикарбоновые кислоты 1/196
1-Кето-6,7-диметокси-1,2,3,4-тетрагидроизохинолин 5/948
Кето-енольная таутомерия 1/455, 1216; 2/247, 364, 741; 3/688; 4/991, 992, 1269; 5/84, 943, 1030
Кетозиды 2/733
3,4-трео-Кетозо-1-фосфаты 3/615, 616
Кетозы 1/222, 652; 2/364, 733, 969, 1211; 3/263–265, 267, 614–616, 621, 656; 4/1228; 5/37, 114, 375
α-Кетонизовалериановая кислота 1/668
Кетокарбоновые кислоты, см. *Альдегидо- и кетокислоты*
Кетокетены 2/740
Кетокислоты, см. *Альдегидо- и кетокислоты*
Кетоконазол 4/228, 229, 233
Кетосаль 4/277
Кетосимы 1/237, 469, 1094; 2/419, 746, 1153; 3/541, 701–703
Кетолактоны 4/1158
Кетолы 1/444, 445
Кетомалоновая кислота 1/196
β-Кетомасляная кислота 1/195
Кетонитрилы 2/360, 361, 636; 4/1222; 5/711, 1059
Кетонитроны 3/547–550
Кетоны 2/744, 745–747. См. также *Ацетон*, *Ацетофенон*, *Бензофенон*, *Метилэтилкетон*, *Метилэтилкетон*, *Циклогексанон*, другие *Карбонильные соединения*
алифатические 1/444, 450, 656, 708, 992; 2/11, 237, 344, 345, 744, 787, 1252, 1279; 3/114, 128, 377, 708, 887, 891, 1059; 4/128, 923; 5/8, 57, 96, 279, 545, 783, 784, 792, 793, 999, 1000
алиеновый 2/1110
ароматические 1/492, 1204; 2/344, 345, 1174; 3/708, 887, 891, 1036; 5/8, 369, 449, 450, 792, 793
бифункциональные, см. *Дикетоны*
Гибберта 2/1174
ениновые 5/1000
еноляты 1/455, 1216; 2/247, 364, 741, 745
жирно-ароматические 2/787, 809, 810; 5/57, 369, 1000
и прогоркание жиров 2/305
как всеннители 4/134
как гербициды 1/1026, 1027
как душистые вещества 2/237
как красители 2/972
как мономеры 4/32
комплексы Яноаского 2/132
малины 2/743, 744
α-меркурирование 5/267
Миллера 1/154, 238, 367, 530; 2/1057; 3/181, 572
α,β-ненасыщенные 1/450, 602, 656, 825, 1074; 2/65, 361, 456, 745, 746, 750, 773, 787, 887, 888, 972, 1109, 1110, 1237; 3/180, 476, 735, 874, 1074; 4/512, 513, 528, 529, 561, 562, 623; 5/279
номенклатура 3/573
определение 1/670, 896; 2/293, 1153; 3/796; 4/622, 623; 5/114, 122, 196, 782, 1057
получение 1/120, 183, 198, 951, 1099, 1113, 1134, 1203; 2/28, 554, 629, 639, 645, 648, 740, 938, 1108, 1203; 3/9, 78, 346, 407, 408, 438, 439, 514, 552, 659, 660, 680, 699, 732, 833, 875, 1018, 1026; 4/277, 803; 5/45, 46, 197, 356, 364, 432, 446, 449, 450, 692, 794, 943, 1011
производные, см. *Альдегидо- и кетокислоты*, *Альдимины* и *кетимины*, *Ацетали* и *кетали*, *Гидроксикальдегиды* и *гидроксикетоны*, *Кетональдегиды*, *Кетоксимы*, *Кетозифиры*
пространственно-затрудненные 5/606
свойства 1/2, 3, 198, 199, 201–204, 253, 265, 272, 422, 423, 430, 436, 440, 444, 450, 464, 566, 598, 599, 602, 641, 655, 656, 658, 708–710, 714, 752, 941, 942, 947, 953, 964, 1074, 1075, 1082, 1094, 1095, 1134, 1148, 1203, 1221, 1222; 2/8, 28, 32, 71, 120, 135, 173, 178, 180, 245, 403, 410, 420, 421, 516, 549, 581, 600, 641, 647, 742, 746, 751, 785, 809, 810, 858, 889, 900, 1080, 1138, 1139, 1143, 1153, 1155, 1203; 3/10, 11, 78, 110, 268, 319, 555, 665, 671, 678, 681, 685, 721, 722, 732, 739, 767, 785, 884, 887, 916, 1021, 1023–1026, 1035, 1036, 1049, 1050, 1080; 4/201, 359, 372, 396, 450, 500, 501, 873, 898, 906, 918, 938, 1100, 1127, 1134, 1137, 1139, 1140, 1146, 1148, 1157; 5/9, 20, 36, 60, 122, 263, 265, 280, 293, 305, 311, 405, 606, 607, 724, 738, 790, 825, 975, 995
хиральные 5/542, 543, 545
циклические 1/444, 450, 658, 697, 825, 943, 1144; 2/75, 111, 226, 238, 441, 744, 745; 3/290–292, 514, 515, 558, 700, 893, 1059; 4/528–530, 800, 872, 1157, 1222; 5/95, 96, 545, 641, 710, 711, 713, 792, 793, 1000
γ-Кетопимелиновая кислота 5/1059
Кетопираны 3/1073–1075
2-Кетопиримидины 5/450
20-Кетопрегнины 1/1048
α-Кетопропионовая кислота 1/195
Кетопрофен 1/297; 4/219, 220
Кетосахара 2/344
Кетоспирты 2/180, 972; 3/1040; 4/1197
Кетостероиды 1/300, 825; 2/960; 4/1156; 5/1057
Кетотетрагидроимидазолы 2/412, 413
Кетотифен 1/318
Кетосфосфаты 1/361; 3/179
Кетофуранозиды 4/581
Кетозифиры 1/390, 519, 971, 980; 2/110, 111, 180, 784, 785, 815; 3/891; 5/20, 526, 792, 1059
Кетостероиды градусы 2/306
Кеттнгит 5/749
Кёхлингит 3/241
Киан 3/1202
Кианит 4/680
Кианол 1/306
Киационин 1/517
Кибернетика 2/747, 748–750; 3/193
Кижера реакция 2/750
Кижера-Вольфа реакция 2/751, 745; 1/198, 1073
Кизельгур 2/126, 664, 670, 677; 3/325; 5/198, 199, 982, 996
Кизерит 1/956; 2/1234, 1250; 4/538, 833
Кикучи линии 5/894
Кил 3/838
Килиани-Фишера реакция 2/752; 3/268, 708
Кимберлиты 3/970; 4/561
Киназы 1/40, 130; 2/578; 4/810, 1193, 1242; 5/272
Кинга реакция 3/813, 814
Кингспай 4/49, 50
Киндлера модификация 1/708
Кине-замещение 2/752, 753
Кинекс 4/901, 902
Кинель 3/1248, 1249
Кинематическая вязкость 3/13, 1183–1185; 5/30, 31
Кинетика
абсорбции 1/7–11
адсорбции 1/60, 61
диффузионная 2/1259–1261
жидкостной экстракции 5/828, 829
зарождения новой фазы 2/318–320
биотрансформация лекарств, см. *Фармакокинетика*
и гибкость макромолекул 2/1264, 1265
и критическое состояние 2/1072–1074
и планирование эксперимента 3/1112, 1113
и приближение квази стационарности 2/715
и реология 4/487
и стабильность координационных соединений 2/930
и энергия системы, оператор 2/722
коррозии металлов 2/953–956
люминесценции 2/1223
методы, см. *Кинетические методы*
мицеллообразования 3/184
полихронная 4/414
радиоактивных превращений 4/316, 317
разрушения твердых тел 3/146; 4/251, 252
растворения 4/350–352
реакций 2/753, 754–756; 1/1052; 4/415; 5/177–179, 436, 509. См. также *Макрокинетика*, отдельные типы реакций
– биомолекулярных 1/547, 548
– быстрых, см. *Быстрые реакции*
– в газах, см. *Газофазные реакции*, *Газы*
– в растворах 4/404–406, 410, 411
– в твердых телах 4/411, 413, 414, 999, 1001
– возбужденных молекул, см. *Динамика элементарного акта*, *Лазерная химия*
– диффузионно-контролируемых 2/192, 193
– закон действия масс 2/23; 4/149
– и период индукции 3/954
– и теория столкновений 4/871
– и топография тела, см. *Топохимические реакции*
– каталитических 2/688, 689–693, 1257–1261; 1/1050; 3/429
– концентрации компонентов, кривые 1/60, 61; 2/753, 755, 757, 759; 4/150
– мономолекулярных 3/257–260
– неравновесных 3/426, 259, 260, 427–430, 1102; 2/42, 756, 1122; 4/463, 1070
– изотопотемпературных 2/1034
– область протекания 1/1052; 2/689
– обменных изотопных 2/388
– ионных 2/514
– обратимых и необратимых 3/644
– окислительно-восстановительных 1/560; 3/664
– отщепления 3/840
– плазменных 3/1099–1103
– поликонденсации 3/1257, 1258
– полимераналогичных 3/1263
– полимеризации 3/1266
– порядок 4/149, 150
– прямая и обратная задачи 2/754, 903
– равновесных 3/426, 427
–, принцип 2/41, 42; 4/1068
– расщепления 1/393, 1179
– рацемизации 1/393; 4/390
– соосаждения 4/760–762
–, схемы 2/759
–, тепло- и массоперенос, см. *Массообмен*, *Теплообмен*
– тримолекулярных 4/1265
– уравнение, см. *Кинетическое уравнение*
– ферментативных 5/153, 108, 154–158; 1/558; 2/423, 690
– цепных 5/685–687, 692
– электродных 2/145, 429, 435, 953–955; 4/154, 993. См. также *Электрохимическая кинетика*
– эффекты, см. *Кинетические эффекты*
сублимации 4/891
сушки 4/957–959
физическая 4/829–832
формальная 5/179
фотопереноса протона и электрона 5/338
химической поляризации ядер 5/460
Кинетин 5/769
Кинетические методы
адиабатическое сжатие 1/43, 44; 2/754, 880, 881, 1101
анализа 2/756, 754, 757; 3/161; 4/397; 5/147, 156, 489
диффузионных плазм 2/195, 754

- импульсные, см. *Импульсные методы*
 конкурирующих реакций 2/897, 898
 молекулярных пучков 3/237, 238–240
 прерывистого освещения 4/164, 165, 462
 проточные 4/880, 881
 релаксационные 4/461, 462, 464
 секторный 4/164, 165
 струевые 4/880, 462, 881; 2/754
 температурного скачка 4/1031, 1032
 ударных труб 5/53, 54; 2/754; 4/462
 хемилюминесцентный 5/445
- Кинетические эффекты**
 изотопный 2/758, 386, 759, 811, 898; 4/245
 индуктивный, см. *Индуктивный эффект*
 комплексационный 2/868
 матричный 2/1326
 нелинейные 2/1258, 1259
- Кинетическое уравнение** 2/759, 753, 757, 1255, 1256, 1259; 4/149, 150, 415, 958, 959
 Больцмана 4/830, 831
 константы, см. *Константы скорости*
 сигнальные графы 1/1199, 1200
- Кининазы** 1/1120; 2/760
Кининогеназы 5/1036
Кининогены 2/760
Книины 2/759, 635, 760; 3/401, 773; 5/1039, 1041
Книнера–Клея реакция 2/811, 812
Киноварь 3/1001; 4/546–548, 550, 630, 972
- Кинопленки** 2/359. См. также *Фотография, Фотографические материалы*
- Кинуренин** 3/619, 620; 5/1, 970
Кинуреновая кислота 5/528, 529
Кинотарфин 3/766
- Кипарисовые продукты**
 камфора 5/654
 масло 2/598
- Кипелка** 2/349
- Кипение** 2/760, 540; 4/1047, 1051
 вибрационное 1/707
 зарождение новой фазы 2/316, 317, 319
 и испарение 2/760–763
 и охлаждение 5/597–604
 кривая 2/57, 61, 62
 растворов, температура 3/828; 4/1029, 1032, 1033
 уравнение Клапейрона–Клаузиуса 2/788
- Кипреналь** 2/763, 764; 4/800
Кипящий слой 2/683; 3/634, 637, 1009; 4/258; 5/718. См. также *Псевдооживленный слой*
- Кирикидаль эффект** 2/197
Кироуполса метод 3/255, 256
- Кирилич, механические свойства** 3/145
Кирсанова реакция 2/764, 415, 765; 5/241
- Кирхгофа уравнение** 2/765; 4/1030, 1040, 1086; 5/464
- Кислициная соль** 5/795
Кислород 2/765, 578, 789; 1/399, 400, 558, 773, 780, 1109; 3/171, 575, 576; 5/54, 494, 936, 937
 аллотропия, см. *Озон*
 анион-радикал 2/525, 526; 4/940
 гидраты 1/912
 жидкий 1/608; 2/766, 768; 4/342, 343, 587, 731; 5/604
 индексы 2/649
 как бозон 3/892
 как метаболит, см. *Брожение, Дыхание, Обмен веществ*
 как фактор пожара 3/1186
 клатраты 2/911, 1043
 коррозионная активность 2/321, 322
- «медицинский» 2/768
 молекулярно-ионные формы 2/509, 561, 603; 3/575, 652, 666. См. также *Диоксигенные соединения, Пероксидные соединения*
 оксидоредуктаза 2/1194
 определение 1/121, 886, 887, 889, 892–896, 915–917; 2/442, 499, 711, 768, 1318; 3/113, 1054; 4/627, 628, 666, 667, 883, 1056, 1062; 5/68, 148, 916
 переносчики, см. *Гемоглобин, Миоглобин*
 плазммерный 3/169, 170
 полимерный 3/419, 420
 получение 1/63, 778, 786, 794–798, 883; 2/767–769, 1037, 1038, 1207, 1208; 3/359, 360, 412, 414, 658, 659, 972, 988, 1075, 1076; 4/461; 5/560, 602, 605, 619, 659, 854, 922. См. также *Фотосинтез*
 применение 1/62, 63, 608, 1053; 2/221, 432, 464, 768, 1035; 3/1076; 4/224, 227, 477, 1211; 5/160, 206, 781, 917. См. также *Кислородные устройства*
 свойства 1/6–8, 518, 664, 767, 831, 832, 835, 877–879, 901, 903, 926, 955, 972, 995, 1015, 1066, 1122, 1158; 2/189, 198, 200, 326, 327, 384, 392, 409, 622, 658, 745, 747, 755, 757, 766, 767, 773, 853, 883, 912, 954, 1077, 1172, 1221; 3/88, 226, 288, 488, 575, 576, 604, 605, 662, 782, 785, 882, 955, 957, 958, 971, 979, 1187, 1188; 4/152, 331, 339, 433, 515, 574, 639, 693, 750, 803, 808, 813, 827, 848, 1005, 1039, 1077, 1086; 5/10, 16, 53, 332, 333, 358, 437, 438, 442, 448, 463, 543, 552, 630, 648, 882. См. также *Горение, Кислородные процессы, Окисление, Окислительные процессы*
 синглетный 2/766
 соединения ионные 3/765
 — с элементами, см. *Оксиды*
 супероксид 2/525, 526; 4/940. См. также *Супероксиды*
 твердый 1/341
 фториды 2/769, 137, 767; 1/970; 3/576, 662, 698; 4/342, 343; 5/388, 389, 391
 экзимеры 2/1037
- «Кислородная теория» кислот 2/777
 Кислородные процессы. См. также *Окисление*
 аэробное брожение 1/608, 611
 диссоциация, кривая 1/1007, 1008
 дыхание, см. *Дыхание*
 конвертерный 2/258, 264; 3/94
 щелочная делигнификация древесины 2/1164
- Кислородные устройства (материалы)**
 дыхательные аппараты 2/768
 лазеры 2/1127, 1128
 свечи 2/768; 3/369, 1075
 электроды 5/920
- Кислотная точка росы** 4/540
Кислотное число 2/769, 304, 306, 308, 602, 770; 3/447, 764; 4/378; 5/1012
- Кислотно-основной(ый) анализ**
 буферные растворы 1/652, 653
 индикаторы 1/787; 2/446–450, 770, 887, 1057, 1083, 1090, 1091, 1216, 1217, 1231, 1271; 3/124, 272, 387, 523, 562, 563; 4/398, 530, 569, 936
 кондуктометрия 2/896, 897
 титрование 2/770, 446–448, 1083, 1216, 1224, 1230; 3/795–797; 4/155, 1188, 1189; 5/284
 функция Гаммета, см. *Кислотность*
 число нейтрализации, см. *Кислотное число*
- Кислотно-основной(ый) катализ**
 2/770, 645, 664, 666, 692, 710, 745, 746, 751, 771–774, 784, 785, 787, 813, 986, 1022, 1080, 1108, 1109, 1113, 1138, 1139, 1211; 1/181, 1054, 1056, 1057, 1098, 1159, 1160; 3/28, 77, 180, 181, 269, 516, 523, 604, 708, 738, 937, 965, 1022; 4/343, 344, 561, 562, 746; 5/152, 709
- Кислотность** 2/620, 701, 773, 777, 779–781, 783, 784, 887; 3/172
 функции 5/422, 423, 424
- Кислотные источники тока** 5/487, 488
- Кислотные красители** 2/774, 629, 775, 776, 976, 977, 982, 990–996; 1/155, 354; 3/997, 1199, 1200; 4/50
- азинные, см. Азинные красители**
 азосоединения 1/83; 2/774; 3/381
 антрахиноновые 1/352, 353; 2/775, 979, 1000; 3/25
 арилметановые 1/367; 2/775, 776
 голубые 1/75, 353, 367; 2/980
 дисперсные 3/543
 желтые 3/542, 543
 зеленые 1/353; 2/78, 79; 3/537
 коричневые 2/999; 3/543
 красные 1/81; 2/78; 5/957
 кантеновые 2/1083
 металлодержавшие 2/991–993, 995, 996; 4/248
 нейтроцианины 3/131
 нитрозо- и нитросоединения 3/537, 542, 543
 оранжевый 1/81; 3/719; 5/19
 протравные 4/248
 розовый озон 2/1082
 синие 1/238; 2/78
 сульфородамин С 2/1083
 тиазиновые 4/1116
 фиолетовые 1/260, 367; 2/78
 фталоцианиновые 3/25
 хинофталоновые 5/535
 черные 2/999; 3/381
- Кислотные осадки** 3/853; 5/684
- Кислотные процессы. См. также Кислоты и основания**
 анализ, см. *Кислотно-основной анализ*
 гидратация 5/985
 гидролиз 1/1100, 1155; 2/69–71, 140, 325, 326, 330, 331, 461, 633, 771–773, 941, 988, 1137, 1165; 3/271, 438, 514, 674, 677, 682, 707, 749; 4/341, 622, 623; 5/10, 37, 1009, 1010
 катализ, см. *Кислотно-основной катализ*
 коррозия 2/84, 435, 436, 694
 очистка нефтепродуктов 4/649, 650
 расщепление 1/440
- Кислотоподобные вещества, см. Апротонные кислоты**
- Кислотоупорные материалы. См. также Химически стойкие материалы**
 бетоны 1/544; 2/776
 вяжущие 1/871
 замазки 1/871; 2/572, 776
 и бактерии 1/826
 кварцевое стекло 2/776, 1028
 керамика 2/733, 734, 776
 мастики 2/1319
 природные 2/776
 цементные, см. *Цементы*
 эмалевые, см. *Эмали*
- Кислоты** 1/191; 4/744; 5/820. См. также индивидуальные представители
 аминокислоты, см. *Аминокислоты*
 апротонные, см. *Апротонные кислоты*
 Брэнстеда 4/244
 гидроксикарбоновые, см. *Оксикислоты*
- гуминовые** 1/1212, 626; 2/995; 3/789; 4/1223
желчные 2/277, 278, 605; 1/457; 3/624, 786; 4/865, 1119
жирные, см. Высшие жирные кислоты
 и основания 2/777, 456, 770, 778, 779, 780–783, 1099; 1/1054, 1056, 1098, 1099; 3/413; 4/244, 744–746. См. также *Основания*
 — «жесткие» и «мягкие», принцип 2/281, 282, 778–782, 920; 1/225
 — Льюиса, см. *Льюиса кислоты и основания*
 —, сопряжение 3/830
 К 1/257
 как индикаторы 2/446–449
 как катализаторы 1/1054, 1056; 2/770–774; 5/1047
 как растворители 4/359, 360
 Калле 3/382
 карбоновые, см. *Карбоновые кислоты*
 Каро 3/541, 974; 4/632, 644
 Клеве 3/380, 382
 коррозионная активность 2/321, 322, 947–949
 «магическая» 2/784
 молекулярная масса, см. *Кислотное число*
 нафтеновые, см. *Нафтеновые кислоты*
 неорганические 2/782, 12, 645, 777–781, 783, 784, 787; 3/99. См. также *Азотная кислота, Галоеноводородные кислоты, Серная кислота, Фосфорная кислота*
 номенклатура 3/573, 574, 576
 НХ 4/595
 ОН 2/777
 определение, см. *Кислотно-основной анализ*
 основность 2/783
 протонные 1/1160; 2/628, 664, 666, 770, 774, 1293; 3/738; 4/1157; 5/197, 367, 422–424
 рацемические 4/391
 сильные и слабые 1/1098, 1099; 5/423, 424
 смоляные 4/739, 602, 740–742
 СН 2/777, 105, 117, 119, 120, 246, 372, 403, 581, 620, 621, 651, 745; 1/71, 497; 3/70, 518, 528, 551, 556, 563, 733, 760, 762, 965, 1049; 4/244, 911, 991, 992; 5/705
 сульфоновые, см. *Сульфокислоты*
 тейхоевые 4/1010, 1011
 ЭН 4/244
 F 3/386
 D 3/386
 L 3/386
 NH 2/618, 777; 3/1078; 4/1099
 R 3/386
 SH 2/777
 SiH 2/777
 T 3/381
- Кислые соединения**
 гликопротеин 1/1139
 глины 2/679
 гидрон 1/1212
 соли 1/218; 2/636, 637, 639; 3/577; 4/744, 904, 909, 920, 1162, 1182; 5/249–256, 265–268, 275, 276, 279, 280
- Китайгородского принцип** 3/1145
- Китайские соединения**
 воск 1/826
 танины 4/978
 Китацин 5/421
 Китит 2/1025, 1026
 Китовый жир 1/513, 1085; 2/307–309; 3/302

- Кишечные инсектициды 2/468, 470, 472, 474
- Клавиновые алкалоиды 5/967, 968
- Клавулановая кислота 2/1136; 3/1097
- Клавулон 4/209, 210
- Клайзена
конденсация 2/784, 106, 110, 621, 638, 785, 889, 936; 1/195, 440, 991, 992, 1204; 4/68, 1434; 5/792, 1010
перегруппировка(н) 2/786, 787; 1/185, 199, 717; 5/60, 905, 1008
раствор 1/163
реакция 1/711
- Клайзена–Шмидта реакция 2/787, 788, 1080; 5/60
- Клапаные тарелки 4/987–989
- Клапейрона–Клаузиуса уравнение 2/788, 57, 761; 3/1093; 4/890, 1030, 1034
- Клапейрона–Менделеева уравнение 2/788, 789; 1/679, 924, 988; 3/883, 1146; 5/69
- Кларен 2/596
- Кларка нормальный элемент 3/583; 4/549
- Кларка–Вернадского закон 2/789
- Кларки химических элементов 2/789; 1/1017, 1018; 4/349, 431, 434; 5/915, 916, 936. См. также *Космохимия*
- Кларкит 5/83
- Кларолон 2/1101
- Классификация 2/789, 491, 790; 3/144
в воздухе, см. *Сепарация воздушная*
гидравлическая 2/790, 351, 791, 792; 3/630; 4/628
и гранулометрический состав, см. *Ситовый анализ*
и измельчение 2/358, 789, 792; 3/630; 4/630
и обогащение по трению 3/636
и осаждение 3/820
инфразвуковая 2/491, 492
механическое просеивание, см. *Грохочение*
сортировка 2/789; 3/630
циклические режимы 5/715
- Кластеры 2/792; 4/890; 5/28, 464, 475, 742, 763, 863, 965
и модели ядер 5/1033
и радикальные пары 4/309
и электроны 2/793–795; 4/750
как катализаторы 4/1160
как молекулярные пучки 3/240, 421
как сверхпроводники 4/586
как фазы Шеврёля 2/797
напыление 3/334
«обменные» 2/797; 4/96, 98
соединения и материалы 1/379, 1058, 1198; 2/191, 362, 363, 374, 641, 792–797, 924, 1232, 1317; 3/78, 80, 82, 147, 250, 476, 494, 826, 949, 1130; 4/316, 414, 533, 567, 586, 626, 641, 835, 844, 848; 5/162, 415
частицы 2/505, 509, 527, 530, 532, 792, 793, 794, 796; 4/750; 5/43
- Клатрасил 2/798
- Клатраты 2/798, 34, 224, 799, 988, 1043; 1/1115; 3/1238; 4/391, 392, 656, 752, 1139, 1140; 5/552. См. также *Включения соединения благородных газов* 1/568, 569; 2/1037, 1043, 1088
газовые гидраты 1/911, 767, 896–898, 912, 930; 2/798, 1043; 3/347; 4/889
и сольваты 4/752
интеркалаты 2/477, 798; 3/96, 250, 295, 394, 395; 4/584, 791, 793, 1024. См. также *Графит соединения*
радиоактивные 4/328
- Клатринны 2/798
- Клаудетит 3/311
- Клаузиуса
теплота 3/645
уравнение 4/1065
- Клаузиуса–Москотти реакция 2/207
- Клаусталлит 4/603, 619
- Клеве кислота 3/380, 382
- Клевейт 1/1002
- Клевёрный лист 4/1238, 1239
- Клеенки 2/1210; 3/437; 5/726
- Клей 2/799, 800; 1/657
адгезионные связи, см. *Адгезия*
Склеивание
акрилатные 2/807
альбуминовые 2/802
аназобные 2/806, 807
антисептические 1/337; 2/808
БФ 3/1224
глитиновые 2/802; 3/719
декстриновые 2/802
дисперсии 2/808, 809
животные 2/802; 3/719; 5/223
казеиновые 2/802
каифольные 2/602, 802, 808, 990; 4/444
карбамидные 2/806
керамические 2/800, 801
кремнийорганические 2/803, 806
латексные 2/806, 999; 4/443
материалы, см. *Клеевые материалы*
металлические 2/801; 3/1218
минеральные 2/800, 801; 4/42
модифицирование 2/799, 801–804, 807–809
мочевинно- и феноло-формальдегидные 2/803, 804; 3/281, 282
на основе крахмала 2/802, 989
– – натурального каучука 2/802; 4/444
неорганические 2/800, 801; 3/1218; 4/715
обузные 2/809; 3/1235
олигомерные 2/803–807; 3/743
оптические 1/454; 3/776
органические 2/799, 802–809
пасты 2/284, 799–801, 804, 806
пластизольные 2/809
полиакриловые 2/808; 3/70
полиамидные 2/808
поливинилацетальные 2/808; 3/1223
поливинилацетатные 2/808, 809; 3/1223
поливинилхлоридные 2/808, 809
полиизобутиленовые 3/1244
полиимидные 2/807; 3/1249
полиолефиновые 2/809
полисульфидные 4/42
полиуретановые 2/805; 4/57
полиэфирные 2/809; 4/93
порошки 2/799–802, 804, 807–809
природные 2/802, 559; 3/719; 4/444, 715
протеиновые 2/802; 3/719
расплавы 2/803, 808, 809; 3/1136; 4/716, 1088
растворы 2/800–809
растительные 2/802, 809; 3/719; 4/444
реактивные 2/803–807
резиновые 4/443, 444, 445, 715, 753; 1/846; 2/802, 803; 5/139
рыбий технический 2/802
силикатные 2/801
синтетические 2/803, 804–809; 3/70, 281, 282, 445, 742, 743, 1196, 1223, 1224, 1232, 1244, 1249; 4/1, 21, 42, 57, 93, 715, 716, 771; 5/137, 983
сuspензии 2/799–801
схватывающие 2/808
термопластичные 2/803, 804, 806–809; 4/716
термостойкие 3/806, 1223
фосфатные 2/800, 801
- холодного отверждения 3/746; 4/450
- эластифицированные 1/454; 2/134, 804, 806, 807; 4/443–445
- электропроводящие 3/87
- эпоксидные 2/804
- Клеевые материалы. См. также *Клей*
замазки 2/312, 1319
краски 2/799, 559, 802, 982; 1/337
липкие ленты 2/1192; 3/808, 1244, 1245
мастики 1/564; 2/1319
мыла 3/302, 303
пленки 2/225, 799, 801, 803, 804, 807–809
цемент 1/454
- Клейна–Гордона–Фока уравнение 2/721
- Клейфан 5/746
- Клейтона–Енсена реакция 3/671, 672
- Клемменсена реакция 2/809, 745, 751, 810; 4/1143
- Клеричи жидкость 4/975
- Клеридж 1/1030
- Клетка(и)
дыхание 2/240, 241
живые, биоэнергетика 1/561, 558, 559
нижеэнергия 1/555, 559. См. также *Генетическая инженерия*
клатраты 2/798
мембраны, см. *Биомембраны*
островков Лангтергаиса 1/1154
РНК 2/1323
Т-ростовый фактор 2/478
эффект 2/810, 302, 465, 755, 811, 1034; 1/548; 3/653; 4/301, 302, 309, 310, 406, 407, 413, 867; 5/337, 353, 372, 459
яды, см. *Яды*
- Клековского правило 1/406; 3/960
- Клешневидные соединения 2/923, 924. См. также *Хелаты*
- Клея–Киннера–Перрена реакция 2/811, 812; 3/111, 112; 5/276, 312
- Клиббенса–Ниренштайна реакция 3/498, 499
- Клинические декстраны 2/31
- Клинкеры 2/356, 588; 5/670–672
- Клиноптилолиты 1/797; 4/557; 5/655, 681
- Клион 4/239
- Клирлан 4/49, 50
- Клозапин 3/398, 399
- Клозокарбораны 1/379
- Клоксациллин 2/361
- Клоназепам 4/240
- Клонирование 3/152; 4/522. См. также *Генетическая инженерия*
- Клотримазол 4/228, 229
- Клофелин 2/812; 1/317, 1119, 1120; 3/113; 4/743
- Клофибрат 2/812, 813; 1/1118, 1119
- Клохинол 4/230
- Клупандоновая кислота 1/863, 864
- Клупел 3/711, 712
- Ключевые вещества 2/ 348; 4/718
- Ключевые термохимические величины 4/1087
- Киёвская реакция 2/813, 105, 621, 647, 814, 888, 1081, 1274–1276; 1/197, 497, 980; 3/515; 4/536, 804; 5/561, 707
- Кнопит 3/969, 970
- Киорра
пиррол 2/814
реакция 2/814, 815, 816; 3/870, 871; 5/526, 527, 713
- Кнудсена
диффузия 1/60; 2/198; 3/42
метод 4/1032, 1033
число 1/446; 3/237
ячейка 2/796, 1315
- Кнудсена–Ленгмюра уравнение 2/164
- Коагели 1/1001
- Коагулом 2/703
- Коагулянты, см. *Коагуляция*
- Коагулят 2/816
- Коагуляция 2/816, 148, 153–156, 192, 193, 253, 268, 319, 332, 338, 339, 408, 703, 731, 817, 818, 860, 1123, 1130, 1149, 1182, 1183; 1/448, 770, 870, 990, 1001, 1111, 1213; 3/819, 820, 858, 859, 1010, 1013, 1173; 4/85, 884–886, 952; 5/59, 62, 171, 203–205, 761, 949
- Коалесценция 2/818, 153, 155, 156, 816, 860, 1183; 1/789; 3/163, 903, 1172; 5/59, 949, 951, 958
- Коацервация 2/818, 819; 3/182
- Кобаламины 1/742; 2/944, 970
- Кобалофилины 1/742
- Кобальт 2/819, 838; 1/550, 1019; 3/849, 871; 5/54, 937
алюминат 2/821, 833, 1225; 3/1012
амальгамы 1/223
аммины 1/335; 2/821, 826, 926, 929, 931, 932
антимониаты 1/331, 332; 2/821
арсенат 1/382, 383; 2/819
арсениды 1/384; 2/819–821; 3/304, 308, 1053
ацетат 2/822, 120, 823, 1001; 3/526
бораты 2/822; 3/371; 5/400
бориды 2/820
галогениды 2/823, 113, 822, 824, 825, 829, 1093; 1/953; 3/79, 89, 90, 346, 982, 1056; 4/69, 752; 5/277
гексацианоферрат 5/454
гидриды 1/1081, 1082; 2/820
гидроксиды 2/710, 822–826, 829
зелень Ринмана 5/748
изополькислоты 1/1060
интерметалллы 1/1081, 1082; 2/483, 485; 5/162
карбид 2/624, 820
карбонаты 2/824, 86, 819
карбонилы 2/824, 121, 362, 405, 417, 633, 642, 646, 793, 794, 825, 830, 1139; 1/648, 649, 894, 916, 1112, 1161; 3/78; 4/196, 204, 208, 499–501
кластеры 2/793, 794, 796
лутеосили 2/821
молибдаты 1/1057; 2/669, 672
нитраты 2/825, 677, 823, 826; 3/1216; 5/56
нитриды 2/820
оксиды 2/825, 200, 242, 672, 675, 677, 747, 767, 819, 1000, 1001; 1/438, 1055, 1089; 3/168, 368, 971, 975, 1012, 1056; 4/193, 839, 1010; 5/943
определение 1/120, 284, 336, 348, 505, 615, 739; 2/176, 451, 710, 743, 822, 896, 1090, 1104, 1217, 1219, 1224; 3/63, 113, 124, 169, 366, 690, 703, 969, 1044, 1058; 4/397, 399, 555, 786, 936, 1126, 1165, 1250; 5/118, 431, 781, 837
органические соединения 2/830, 98, 120, 151, 175, 177, 537, 615, 774, 775, 806, 821, 822, 831, 923, 926, 929, 932, 943–945, 1035, 1085, 1102, 1296, 1297, 1326, 1327; 1/170, 364, 365, 433, 438, 563, 571, 901, 902; 3/62, 78, 83, 84, 371, 390, 526, 539, 713, 714, 749, 773, 838, 875, 1016, 1211, 1229; 4/51, 92, 534, 589, 1140, 1148, 1201, 1202; 5/56, 94, 383, 724, 936
- перхлорат 3/990
- пирит 3/1053
- получение 1/116, 869, 977; 2/32, 84, 87, 117, 822; 3/7, 89, 90, 255, 412, 475, 1001, 1053, 1068, 1069, 1193;

- 4/139, 561, 613; 5/207, 651, 669, 833, 854, 895, 923
 празеосоли 2/821
 применение 1/631, 632, 904; 2/822, 829, 1015, 1171, 1227; 3/71, 87, 301, 303, 624; 4/335, 669, 670; 5/199, 454, 735, 920. См. также *Кобальтовые удобрения*
 розеосоли 2/821
 свойства 1/978, 1015; 2/84, 198, 282, 664, 665, 667, 670, 677, 820, 822–831, 919, 920, 924; 3/97, 325, 949, 955–958, 1093; 4/236, 295, 325, 331, 349, 350, 751, 813, 895, 979, 1097, 1137; 5/49, 56, 85, 141, 159, 164, 271, 332, 384, 385, 455, 611, 651, 656, 681, 726, 750, 978
 селениды 2/820; 4/505, 619, 684, 685
 силикаты 2/676, 821; 5/407, 408
 силициды 2/820
 сплавы 2/827, 249, 250, 260, 261, 734, 736, 737, 822, 828, 878–880, 949, 1153, 1240–1243, 1332, 1333; 1/875; 3/482–484, 492, 825, 1134; 4/142, 157, 712, 1008, 1009, 1180; 5/451, 966
 сульфаты 2/828, 821, 822, 824, 829
 сульфиды 2/675, 819, 820; 3/1053; 4/193, 505, 585
 теллуриды 2/820, 821
 тиноиды 2/82, 822
 титанат 3/1012; 4/1184
 феррит 2/734; 5/163
 фосфаты 2/821; 5/248–250
 фосфиды 2/820; 5/257
 фториды 5/391, 393
 хлорат 2/944
 хлориды 5/16, 449, 454
 хроматы 2/666, 669, 672; 5/631, 632
 хромит 3/1012
 цианиды 5/703
 Кобальтин 1/384; 2/819; 3/165
 Кобальтовые пушки 4/331
 Кобальтовые удобрения 2/829, 830, 870; 3/160, 161
 Кобальтоцен 2/830; 3/91
 Кобальтоценная соли 3/91
 Кобамид 2/970
 Кобамид(ы) 2/944
 коферменты 1/742, 743; 2/365, 943, 946, 968, 970. См. также *Витамин B₁₂*
 Кобелит 5/144
 Кобинамид 2/944
 Кобиновая кислота 2/944
 Кобировая кислота 2/944
 Кобировая кислота 2/944
 Ковалентная связь 2/831, 71–74, 300, 623–625, 722, 832, 925, 979, 980, 991; 1/1079, 1080; 3/80, 98, 205, 207, 208, 415, 419, 508, 719–722, 764, 765, 787, 971, 974, 975, 986, 989; 4/674, 994; 5/256, 257, 461–463
 в кристаллах, см. *Ковалентные кристаллы*
 в макромолекулах 2/1263
 в минералах 3/164
 в полупроводниках 4/102, 103, 106, 107
 в протестических группах 2/967, 968, 970
 длина, см. *Ковалентные радиусы*
 и взаимодействия «мягко-мягкие» 2/289
 – обменные 3/627, 628
 и компьютерный синтез 3/793
 и иммобилизация ферментов 2/421, 422, 463, 464
 и рекомбинация 4/450
 и связь ионная 2/506; 4/102
 – координационная 2/832, 919
 – металлическая 2/478, 479; 3/73; 4/102
 и хроматография 1/417, 418
 и электронная конфигурация 2/904
 и электроотрицательность 5/896, 897
 полярность 2/919; 4/127
 Ковалентная хроматография 1/417, 418, 478
 Ковалентные кристаллы 2/832, 510, 833, 1056, 1063, 1069; 3/224, 225; 4/745
 Ковалентные радиусы 1/411, 412; 3/227, 228, 413
 Ковар 2/261, 262, 828
 Ковача индексы 1/910, 919; 2/609; 5/622, 623, 626
 Ковеллин 3/1, 2, 4; 4/630
 Ковкость
 минералов 3/167, 168
 чугунов 2/257, 263
 Когезия 2/833, 146, 155, 834, 1182; 1/36, 37; 4/356, 732
 Когерентное антистоксово рассеяние света 2/726, 866, 1120; 3/141
 Колени 2/835; 1/144, 296, 297; 3/274, 275, 765; 4/230; 5/119
 Кошель 4/90
 Кодированные аминокислоты 1/1124, 1149, 1150, 1152; 4/191, 192, 642, 1170, 1247. См. также *Генетический код*
 Колонны 1/1012, 1013; 2/877, 1323, 1324; 3/174, 300; 4/521, 1232–1235, 1238–1240
 Коенинг 2/457
 Кожа 2/835, 836; 5/127
 антисептики 1/337; 2/227; 5/587
 гидрофобизация 3/876
 дубление 2/234, 202, 235, 236; 1/859; 4/544, 920, 979; 5/138, 143, 631, 761
 жиrowание 1/139; 2/15; 4/919
 искусственная 2/836, 837, 838, 971, 997, 998; 1/716, 865; 3/903, 1114, 1234, 1270; 4/1; 5/25
 как фрикционный материал 5/371
 крашение 2/995, 462, 701, 775, 971, 977, 996–998; 3/131, 471, 543, 693, 834, 1009; 4/1128; 5/412
 обезвоживание 2/835; 3/363
 пикелевание 2/18
 склеивание 2/802
 тальковая 3/895
 Кожно-нарвные отравляющие вещества 3/843–846
 Кожноотрубчатые аппараты 3/1141–1143; 4/1051
 Козалит 1/733
 Койевая кислота 2/838
 Кокаин 2/936; 3/107, 786, 1080; 5/17, 18
 Кокарбоксилаза 2/970; 4/1120
 Кокимбит 2/264
 Кокосовое масло 1/866; 2/83, 216, 616; 3/302, 303, 728; 4/381, 377–380, 990; 5/974
 Кокосовый жир 2/304
 Кокс. См. также *Коксовое кокс*, *Коксумость*
 битумный 1/562
 бытовый 2/839
 доменный 2/839, 846, 847; 4/1174, 1223
 и канцерогены 2/606
 как восстановитель 2/839; 4/592, 593
 как каталитический яд 2/668
 как наполнитель 5/143
 карбоинзационный 2/640
 легитный 2/839
 каменноугольный 2/838, 256, 597, 839, 841, 846, 847; 1/1190, 1192; 3/863, 864; 4/193, 265, 592, 593, 702; 5/39, 43, 50, 284
 нефтяной 2/839, 678–685, 840, 841, 1005; 1/1192; 3/445–447, 1058–1061, 1063, 1065, 1066, 1174; 5/39, 40
 пековый 2/840, 594, 841; 3/894, 895; 5/43, 50
 полимерный 5/137
 получение, см. *Коксование*, *Полукоксование*
 формованный 2/843
 электрический 1/1106, 1178; 2/844; 4/703
 Кокса–Эйтса постулат 5/424
 Коксование 2/841
 и полукоксование 4/100
 нефтяного сырья 2/169, 839, 843, 844, 1251; 3/441, 442, 444, 462, 526; 4/1059, 1060
 углей 1/880, 926, 927; 2/591, 597, 838, 840–843, 845; 3/423, 1000, 1054, 1058, 1061; 4/701, 702, 705
 – продукты, см. *Кокс*, *Коксовые продукты*, *Коксохимия*
 Коксовое число 2/844, 845; 3/448
 Коксовые продукты
 газ 2/845, 592, 595, 651, 696, 841, 842, 846, 847; 1/901, 904; 3/101, 1054, 1055; 4/633, 863, 969, 1115, 1165, 1202; 5/44, 806
 огнеупоры 3/650
 «пирог» 2/841–843
 смолы 2/841; 4/701, 702. См. также *Каменноугольная смола*
 твердый остаток, см. *Кокс*
 Коксохимия 2/846, 597, 847; 1/467; 3/92, 94
 Коксумость 1/1090; 2/597; 3/447, 448, 454, 456
 Кокулин 5/969, 970
 Кокулолин 5/969, 970
 Коламин 5/974
 Колесательная химическая связь 5/463
 Колесательные методы
 дефектоскопия 2/49
 спектроскопия, см. *Колесательные спектры*
 Колесательные реакции 2/847, 697, 848–852; 1/1169, 1171, 1200; 3/429, 626; 4/574. См. также *Автокатализ*
 Белоусова–Жаботинского 1/484, 485, 486; 2/850; 3/837, 842; 4/574
 в звуковых полях 5/60
 энергетически разветвленные цепи 5/689–691
 ингибиторы 1/485, 486; 2/848, 849
 как диссипативные структуры 3/842; 4/1070
 Колесательные состояния молекул 1/45; 2/1310
 квантовые числа 2/721
 постоянная 2/852
 спектры, см. *Колесательные спектры*
 Колесательные спектры 2/852, 386, 492, 726, 727, 853–855, 865; 1/792, 833, 836; 3/209, 220, 230, 394; 4/160, 780, 784, 882; 5/361, 463, 546
 Колемаит 1/581, 587; 2/583, 584
 Колестипол 1/1118, 1119
 Количественный анализ 2/855, 856; 1/292, 293, 295; 3/785; 5/173, 489, 490, 497, 836–838
 акваматрия 1/108, 109
 активационный 1/119–121; 2/387, 503, 712; 3/402, 431; 4/327, 436
 атомный, см. *Атомные методы анализа*
 бесстружковый 1/542, 543
 биологический 1/549, 550
 волюмометрия 3/645
 газовый 1/914–918; 3/645
 гравиметрический, см. *Гравиметрия*
 диалектометрия 2/209, 210, 292; 1/755
 и метрология 3/136–140
 изотопный, см. *Изотопный анализ*
 индикаторный радиоактивный 4/327, 328
 – реактивными бумагами 4/398
 колориметрический, см. *Колориметрический анализ*
 кулонометрия 2/1097, 856, 1098–1100
 люминесцентный 2/1218, 1219
 масс-спектрометрия 2/1315–1317
 метод Ван Слайка 1/681, 252, 273
 – изотопного разбавления 2/381, 382, 383, 1315, 1318; 1/94, 917; 4/327, 328, 557
 – Коршун–Климовой 2/960
 микрохимический, см. *Микрохимический анализ*
 молекулярный 3/230, 231; 2/855
 нейтронно-абсорбционный 3/402, 403
 неразрушающий 3/430, 431
 нефелометрия и турбидиметрия 3/439, 440, 441
 объемный 3/645
 органических веществ 3/794–799
 пробирный 4/183, 184
 рентгеновский 4/470; 5/879, 880
 спектральный 3/309; 4/775–780; 5/879, 880
 спектрофотометрия 4/784, 785
 титриметрический, см. *Титриметрия*, *Титрование*
 фазовый, см. *Фазовый анализ*
 хроматографический, см. *Хроматография*
 хромато-масс-спектральный 5/627–630; 2/1315, 1317
 элементный, см. *Элементный анализ*
 Коллаген 2/856, 234, 235, 241, 478, 735, 802, 835, 836, 857, 996; 1/322, 470, 472, 745, 1012; 3/199, 711, 773; 4/192, 215, 284; 5/150
 Колларгол 4/639
 Коллективные концентраты 3/634, 635
 Коллекторы-флотореагенты 5/207, 208
 Коллигативные свойства растворов 4/365, 371, 372; 5/856
 Коллидины 2/858; 3/103
 Коллинеарность, правило 2/127, 128
 Коллоид 1/454
 Коллоидная химия 2/858, 859–861; 3/1172; 5/177, 178, 509, 898, 899, 924
 Коллоидно-дисперсные системы 2/152, 154
 Коллоидные мельницы 2/146, 356, 357
 Коллоидные системы 2/152–156, 860; 3/1077. См. также *Дисперсные системы*
 броуновская диффузия 2/195
 вязкость 1/872
 графит 1/1194
 дзета-потенциалы 5/849
 золото 2/336
 и кластерные частицы 2/796
 и микрогетерогенный катализ 2/661
 изотокрическая точка 2/408
 как твердые растворы 4/1006
 коагуляция 2/148, 192, 193
 кремнезем 2/1007, 1026, 1027
 латексные, см. *Латексы*
 лиофильность и лиофобность 2/1182, 1183
 микроэмульсии 3/161, 162, 163
 минеральные индивиды 3/164
 мицеллярные 3/1162, 1163
 обратимые 2/449
 пенное разделение 3/897

- пластизоли 3/1113, 1114
пластичные смазки 3/1122, 1123, 1125, 1126
расклинивающее давление 4/344, 345
растворы, см. *Золи*
реология 4/487, 492
с индикаторами помутнения 2/449
сера 2/846
СОЖ, см. *Смазочно-охлаждающие жидкости*
стабилизаторы 3/1195, 1196, 1211
«студенистые», см. *Гели*
ультрамикроскопия 5/62, 63, 64
ультрацентрифугирование 5/66
физико-химическая механика 5/171, 172
флокулянты 3/1195, 1196, 1211; 5/203
Коллоксилин 1/453, 1208; 2/126; 5/666, 667, 1006
Колмогорова-Аврами уравнение 5/229
Колокислы 2/995
Колоночная хроматография 2/292, 293, 298; 3/817, 818; 5/425, 620–624, 628–630, 816, 817
Колорадоит 4/547, 1024
Колориметрический анализ 2/861, 391, 446, 450, 607, 768, 861; 3/107, 124, 133, 245, 306, 349, 470, 487, 488, 492, 527, 536, 561, 645, 758; 4/594, 633, 640, 648, 982, 1056, 1174, 1198, 1268; 5/174, 334, 652, 653, 768, 976, 979. См. также *Цветометрия*
Колпачковые тарелки 4/987, 988
«Колумбий» 3/493
Колумбит 4/464
Колумбит-танталит 3/490, 491; 4/979, 981
Колубрион 1/302
Кояхамия 2/862, 863
Колхиноплодия 2/863
Колхицин 2/862, 863; 5/21, 450
Колхициновая кислота 2/862
Колхициновые алкалоиды 2/861, 862, 863; 5/119, 120
Колчедан(ы) 2/265; 3/1052, 1053; 4/645, 646, 657, 911
никелевый 3/486
оловянный 3/756
серный 3/863
Кольбе реакции 2/863, 28, 121, 645; 1/606; 3/347; 4/301, 310, 347; 5/704, 922, 923, 973, 1012
Кольбе-Шмитта реакция 2/863, 138, 632, 648, 864; 3/693, 705; 4/569; 5/132, 142
Кольбекит 4/710
Кольрауша закон 2/864; 5/899, 923
уравнение 4/484; 5/231, 867
Кольца Лизеганга 2/1259 *
Кольцевые устройства
весы 2/1282
манометры 2/1281, 1282
исадки 3/338, 339, 1143
Кольцины 5/415
Кольчато-кольчатые перегруппировки 4/993
Кольчато-цепная таутомерия 3/28; 4/267, 992, 993, 1144
Комбантрин 4/225, 226, 1158
Комбинационное рассеяние
в адсорбционном слое 2/3
вынужденное 2/866, 867
гигантское 2/867
гипер-эффект 2/866
инверсное 2/867
квантовые переходы 2/728, 864–867
круговой дихроизм 2/867
резонансное 2/865, 866
спектроскопия 2/864, 712, 728, 865–867, 1213; 1/836; 3/220, 459; 4/882; 5/546
– колебательная, см. *Колебательные спектры*
Комбинированный химико-энзиматический синтез 1/552
цис, транс-Коммуновые кислоты 4/740
«Комета», флокулянт 5/204
Комовая известь 2/349, 350
Компактирование порошков 4/139–141
Компанор 3/1268
Компартментализация 4/217
Компаундирование нефтепродуктов 3/277, 443, 446, 466, 472
Компаунды полимерные 2/867, 868, 1014; 1/1045, 1109; 3/743, 1249; 4/1, 10–16, 57
Компенсационные эффекты
кинетический 2/868; 4/424
при взвешивании 1/685
Компетентность, фактор 4/1242, 1243
Компиляции 2/1085
Комплексные методы
легирирование 2/1154
переработка сырья 1/902; 3/94, 95; 5/205, 470
Комплексные соединения (частицы, материалы) 2/421, 449–452; 4/745. См. также *Комплексоны, Комплексы, Координационные соединения*
внутренние 1/505, 594; 2/923, 924
ганто-формы 1/981; 2/926, 927
ионные 2/527, 918–920; 4/612, 613. См. также *Гетерополикоординационные соединения, Ионофоры, Кластеры*
клеточные, см. *Хелаты*
пероксидные неорганические 3/971, 975
перхлораты 3/989–991
покрытия 2/1129–1131
полигалогениды 3/1237, 1238
получение, см. *Комплексообразование*
полупроводниковые 4/108
руды 4/559, 561
смазки 3/1125
удобрения 2/869, 290, 870; 3/172, 173, 519–521; 5/54, 287, 301
Комплексометрия 4/1188
меркуриметрия 3/64; 4/549, 1165, 1189
фториметрия 4/1189
хелатометрия, см. *Комплексонометрия*
Комплексонаты 2/269, 545, 870–872; 3/160; 5/967, 987, 988. См. также *Хелаты*
Комплексонометрия 2/870, 213, 445, 553, 580, 871, 1090, 1224, 1294; 3/8, 290, 475, 705, 714, 1044, 1058; 4/467, 876, 975, 1189; 5/128, 441, 610, 762, 988. См. также *Комплексонометрия*
жесткости воды 2/282
и каталитическая 2/757
и хелатоны, см. *Комплексоны*
индикаторы 2/446, 450–452, 870, 871, 1217, 1235; 5/379
Комплексоны 2/871, 16, 174, 449–452, 519, 522–524, 547, 579, 731, 870, 999, 1294, 1295; 1/328, 329, 459, 537, 936, 1093, 1099; 3/49, 359, 690, 787; 4/396, 397, 876; 5/151, 274, 312, 379, 441, 750, 987, 988. См. также *Комплексонометрия, Комплексонометрия*
Комплексообразование 2/411, 716, 739, 925, 1089, 1099, 1171, 1172, 1230, 1253, 1276, 1326–1328; 3/76–80, 103, 664, 665, 1196, 1211, 1237; 4/42, 155, 612, 613, 699, 700; 5/105, 174, 176, 489, 650, 651, 863–866, 892, 926
Комплексы. См. также *Комплексные соединения, Координационные соединения*
активные, см. *Активированного комплекса теория*
актоминозиновый 3/176, 177
аммиакаты, см. *Аммины*
ат 1/210
анидные, см. *Ацидокомплексы*
Васка 2/537
Вильсмейера 5/414
водосодержащие, см. *Аквакомплексы*
гидратные 2/505. См. также *Гидратация*
гидроксилсодержащие, см. *Гидро-скомокомплексы*
гидроанилиды 1/1116
Гольджи 3/198
Джексона-Майзенхаймера 2/132
донорно-акцепторные 3/223–225. См. также *Интермедиаты*
Дьюара 5/905
ион-молекулярные 2/505; 3/18, 19
как критерии подобия 3/1181–1185
кислотно-основные 2/771–774, 779; 4/746
Майзенхаймера 3/555, 557, 560, 563, 604; 4/729
Малликейна 3/224, 225
металлов в катализе 3/76–80
– органосодержащие, см. *Металло-органические соединения*
– переходных, см. *Комплексы переходных металлов*
– с радикальными лигандами 2/872, 873; 3/546; 4/624
– хелатные 5/440
Михаэлиса 5/152–154
молекулярные 3/223, 18–20, 33, 211, 224–226, 653, 675; 1/1193; 2/1043; 4/1107
Морокума 3/225
пи (π) 1/824; 2/537, 1288, 1289; 3/80–84; 5/634, 905
полимер-полимерные 4/19, 20, 80; 2/1326; 3/202, 1196, 1211, 1229
полиядерные, см. *Полиядерные соединения*
проназа 4/194
протромбиновый 4/248, 249, 250; 5/16, 1036
с переносом заряда 3/224, 225; 5/705, 706, 745, 812
сигма (σ) 1/365, 373, 954; 2/274–276, 314, 534, 752; 3/604; 5/905
Симонини 1/841; 4/157, 158
сольватные 2/505. См. также *Сольватация*
«столкновительный», см. *Реакции в растворах*
Уэланды 5/905
фермент-субстратные 3/211
хелатные, см. *Хелаты*
Яновского 2/132
Комплексы переходных металлов
аллильные 1/183, 184, 186, 823, 987, 1053, 1055; 2/274–276, 646, 674, 1147, 1288, 1289; 3/82, 83, 251, 252, 476–478, 826, 874–876, 1131; 4/300, 301, 447, 467, 468, 551, 552, 565, 641, 642, 986; 5/634, 636, 763
амидиновые 2/374
ареновые 1/364, 365, 823; 2/274, 275, 795, 1288; 3/82, 84, 251, 252, 478, 787, 826; 4/468, 566, 986; 5/538, 633–636, 763
ацетиленовые 1/432, 430, 433, 434; 2/338, 1054, 1147, 1203; 3/82, 251, 826, 876, 1131; 4/641; 5/634
диеновые 2/97, 98, 100, 274, 275; 1/823; 3/82, 84, 251, 826, 875, 1131; 4/468, 566; 5/763
изонитрильные 2/373, 338, 374, 622; 4/986; 5/633, 634
«илидные» 2/621
карбамоильные 2/374
карбеновые 2/621, 274, 276, 277, 338, 374, 622, 623, 626, 674, 874, 1288, 1289; 1/824; 3/103, 104, 251, 876, 1130; 4/468; 5/634. См. также *Карбины металлов*
карбиновые 2/625, 621, 622, 626, 627; 1/824; 3/104; 4/563
катализические, см. *Циглера-Натта катализаторы*
«многопалубные» 5/734
олефиновые 3/735, 82, 83, 736, 737; 2/274–276, 337, 338; 4/468; 5/538, 634
перфторалкильные 3/476
полиеновые 1/823; 2/274, 275; 3/82, 476, 478
с σ-связью металл-углерод 2/873, 874, 889, 1171, 1172; 1/183; 4/588, 589; 5/310, 332
фталонитрильные 5/383–385
хитиновые 5/547
циклобутандиеновые 5/721
циклогексадиенильные 5/905
циклооктатетраеновые 5/763
циклопентадиенильные 5/734, 83, 634, 635, 735, 763; 1/676, 987; 2/274, 362, 830, 919, 1035; 4/468. См. также *Металлоцены, Ферроцен*
эффекты Яна-Теллера 5/1056, 1057
этиленовые 2/930; 3/736, 1130; 4/554
Комплект 2/874, 425, 427, 477, 875, 876; 1/470; 3/1098
Комплементарность 2/876, 877, 1161, 1322–1325; 1/784, 1159; 3/211, 586–590, 1051; 4/19, 20, 276, 495–498, 522, 527, 1229, 1233, 1235, 1238–1240; 5/152
Композиты, см. *Композиционные материалы*
Композиционные материалы 2/877, 878–880; 3/418; 4/1; 5/137, 138, 444, 503, 965
антифрикционные 1/344
бумажные 1/621–624
– декоративные слоистые 2/29, 30; 1/1209
волокнистые 2/877–880; 3/417. См. также *Волокнисты, Органопластики*
дисперсноупрочненные 2/156, 736
жаропрочные и жаростойкие 2/250, 625
ионообменные 2/520, 521
керамические, см. *Кермты*
кластерные частицы 2/796
клеевые 2/229, 800, 803–809
контроль, см. *Локальный анализ*
кремнийорганические 2/1022
магнитные 2/1241–1243
мембранные катализаторы 3/46
металлические 2/736, 737, 877–880, 949; 3/74, 87, 483, 825
органосиликатные 3/805, 806
«парфюмерные» 2/237
пленкообразователи 3/1140
полимерные 3/87, 203, 327–330, 743, 1119, 1245; 4/28, 163, 164, 285, 734
– компаунды 2/867, 868, 1014; 1/1045, 1109; 3/743, 1249; 4/1, 10–16, 57
– пластики вспененные, см. *Пенопласты*
– графитированные, см. *Графитопластики*
– сотовые 4/771, 772
– углеродные, см. *Углеродпластики*
– упрочненные, см. *Армированные пластики*
сварка взрывом 1/703

- связующие 4/604
углерод-углеродные 5/49, 50, 51
упругость 4/485
фрикционные 5/371
- Композиционный анализ 5/104
Компоненты системы 3/187
для холодного крашения 1/77
Компсты 3/789; 4/1223; 5/297
Компрессорные масла 2/880
Компрессорные машины 2/880, 881–886; 1/1105; 3/340, 344; 4/460. См. также *Холодильные процессы*
Компримирование газов 1/204, 205; 2/880–886
Комптона эффект 1/978; 2/500, 501
Компьютерный синтез 2/886; 3/784, 793; 4/512
Комфортон 4/27
Конанта-Финкельштайна реакция 5/195
Конвейерные устройства
весы 1/695, 696
печи 3/999
Конвективные процессы
диффузия 2/195, 1298–1300; 3/39, 948; 5/497, 820, 821
теплоперенос 2/1254, 1256, 1257; 4/954–956, 959–964, 1043–1047
Конверсионные защитные покрытия 1/973–976; 2/322
Конверсия
внутренняя ядерных изомеров 2/370
газов 1/777, 778, 785, 786; 2/327, 663, 664, 689, 847; 3/119, 863; 4/644–647, 697, 1058, 1061
интеркомбинационная 2/727, 729, 1220, 1223; 5/350, 352
калийных солей 2/563
нефтяного сырья 3/449
орто-пара-водородная 1/776, 1194; 2/477
– позитрония 3/31
спиновая, см. *Клетки эффект, Радиальные пары*
ферментативная 5/152
Конвертазы 2/875, 876
Конвертерное производство 2/256, 258; 3/6, 7, 93, 94, 474, 1069; 4/593
Ковольдин 5/18
Конгидрин 5/1053
Конго красный 2/887
Конигрот 2/887
Конгруэнтное плавление 2/60; 3/1091
Коклакова реакция 2/887, 888; 1/941, 942
Конденсат(ы)
газовые 1/912, 913, 914, 930; 2/1175; 3/452
и точка росы 4/539, 540
как флегма 4/453. См. также *Выпаривание, Дистилляция, Испарение, Конденсация*
метеоритные 2/962
отвод 1/851
продукты, см. *Конденсаторные продукты*
Конденсаторные продукты
вазелин 1/660
коксоловая смола 2/841
масла 2/208, 363; 3/446, 1245
нефтепиролизаты 3/1066
Конденсационные системы
аэрозоли 1/445, 446. См. также *Дым, Туманы*
пенные 3/921. См. также *Пенопласты*
смог 1/446
структурообразование 4/884, 885–887
эмульсионные, см. *Эмульсии*
Конденсация 2/890, 478, 796, 891–894, 1299; 4/1047; 5/102. См. также *Дистилляция, Конденсат*
аппаратура 2/159, 160, 162, 163, 165, 167, 893–895; 3/90, 1143; 4/458, 461, 1051, 1052
Бозе-Эйнштейна 2/1035
дефлегмация 2/162, 163
дробная 4/713
и вакуумное напыление 3/334, 335
и горение 1/1170
и десублимация 4/889–891
и зарождение новой фазы 2/154, 316, 319, 320, 505
и золь-гель процесс 2/339
и испарение 2/540–544; 4/452, 453, 458, 461, 890
и коррозия металлов 2/950–952, 956
и осушка газов 1/896–898
и охлаждение 5/596–605
и получение суспензий 4/952
и разделение изотопов 2/390, 393
как десублимация 2/890, 892, 1045; 3/255, 420, 818; 4/263, 264, 889–893
капиллярная 2/607, 608, 612, 890; 1/57, 58; 3/1173; 4/131, 132, 770
кривая 2/61, 62
коэффициент 4/891
низкотемпературная 1/928, 933. См. также *Холодильные процессы*
уравнение Клапейрона-Клаузиуса 2/788
фракционная 2/893, 890, 894, 895; 1/904; 4/714
Конденсация (реакции) 2/888, 95, 115, 116, 121, 279, 411, 551, 619, 746, 800, 839, 933, 1005; 1/178, 652, 958, 959, 1074, 1075, 1204; 3/268, 279, 385, 549, 786, 1033; 4/740; 5/6, 8, 116
альдольная, см. *Альдольная конденсация*
альдольно-кетоновая 1/204, 1204; 2/1109
ацилоновая 1/443, 444, 445; 2/889; 3/688; 4/610; 5/744, 1011
бензоиновая 1/508, 197, 445, 509, 510; 2/742, 889; 3/370, 688, 708; 5/433
Брауна-Уокера 1/606
в звуковых полях 5/60
в пептидном синтезе 3/931, 932, 934
влияние давления 1/216
внутримолекулярная 2/785, 888; 3/181, 734; 4/779; 5/197, 1010
Вюрца 1/869, 392, 947; 2/10, 313, 621, 889, 1016; 3/125, 350, 727, 981; 4/512
гидро- и карбометаллирование 2/889
гидросилилирование 2/1027
гомологизация 1/1162
Дарзана 1/1221, 198, 941, 956, 1148, 1149, 1222; 2/647, 745; 3/732
Дикмана 2/110, 111, 785, 889; 1/143
Дильса-Альдера, см. *Диеновый синтез*
димеризация, см. *Димеризация*
замещение 1/1074; 2/621, 888, 889
и обмен веществ 3/621
каталитическая, см. *Каталитические реакции*
Кёнигса-Кнорра 2/731, 732, 733; 3/269
Клайзена 2/784, 106, 110, 621, 638, 785, 889, 936; 1/195, 440, 991, 992, 1204; 4/68, 1134; 5/792, 1010
Клайзена-Шмидта 2/787, 788; 5/60
Кнёвена-Альдера 2/813, 105, 621, 647, 814, 888, 1081, 1274–1276; 1/197, 497, 980; 3/515; 4/536, 804
Кольбе 1/606; 2/863
кросс-сочетание 2/889
кетоновая 2/1080, 8, 12, 106, 248, 421, 642, 745, 787, 888, 889, 1080; 1/197, 204, 390, 441, 1025; 4/512, 1191
Кэмпса 2/1108, 1109
межмолекулярная 2/11, 12, 888, 1013; 4/799
Маниха 2/1279
матричная 2/1327
Мейера-Шустера 3/33
Михаэли, см. *Михаэли реакция*
Мукайямы 3/285
окислительная 2/441, 889
перекрестная 1/203; 2/784, 785
Перкина 3/965, 966; 2/888
Пикте-Шпейгера 3/1021, 1022, 1023
пиролитическая 2/889
Померанца-Фрича 2/398
присоединение 2/887–889
Пшорра 4/278, 279
Репле 4/500, 501
Родионова 4/536
самопроизвольная 2/784, 785, 787, 814; 3/26
сложноэфирная 2/784, 889, 1080; 5/1010
твердофазная 4/1002
теломеризация 3/743
термическая 3/1022, 1023
Ульмана 5/57, 58; 2/889
Фишера 5/197
Фридендера 5/369, 370
фталениновая 2/1083
Хундикера 5/641
циклическая, см. *Циклоконденсация*
Чичибабина 5/778
Штотбе 5/792, 793, 1058; 2/745
Конденсированные соединения. См. также индивидуальные представители
кислоты фосфора 5/287
номенклатура 3/575
органические, см. *Ароматические соединения, Гетероциклические соединения*
фосфаты 5/246, 247–251, 253, 275, 281, 299, 571, 572, 719; 2/266, 267; 3/367, 368
циклические 5/719
Кондиции полезных ископаемых 3/1194
Кондиционирование
воздуха 1/903, 905; 2/322
и озонизация 3/653
экзогаза 2/327
Кондуктометрия 2/895, 44, 45, 210, 292, 506, 507, 519, 896; 1/885, 892, 915; 3/8; 4/627, 666, 880, 1186; 5/68, 91, 172, 901
Конекс 4/1082–1084
Коней 5/421
Конечная точка титрования 2/446–448, 450–452, 499; 3/796; 4/396, 1185, 1187, 1189; 5/1002
Конидии 2/698
Конинин 3/1047, 1048; 5/1053
Конифероловый спирт 1/511; 2/1173, 1174
Конканавалин А 1/1126; 2/1164
Конкор 5/49
Конкрет 5/1005
Конкурентные ингибиторы 2/434
Конкурирующие реакции, метод 2/897, 754, 898, 1295
Конюды 2/58, 61, 63
Коновалова законы 2/899; 1/66; 5/176
Коновалова реакция 2/899, 314, 900; 3/346, 530, 557
Конопляное масло 3/302, 749; 4/377–381
Конотоксины 5/1040, 1046
Коирада-Лимпах синтез 5/526
Конрей 4/478
Конротаторные реакции 1/841–843; 3/324; 4/417, 420; 5/442, 927, 928
Консерванты. См. также *Консервационные материалы*
волооэмульсионных красок 1/789
древесины 2/264, 594–596; 3/368; 4/940; 5/407, 751
карбокси- и метилцеллюлозы 2/634; 3/126
пищевые 1/338; 2/305, 510, 539, 936, 1263; 3/289, 357, 364, 369, 472, 505, 518, 693, 829, 1088, 1089; 4/207, 569, 657, 768
Консервационные материалы. См. также *Консерванты*
масла 2/900; 3/277, 466, 726
покрытия 2/1129
смазки 2/900, 901; 3/1125–1127. См. также *Вазелины*
Консистентные смазки, см. *Пластичные смазки*
Конский жир 2/307, 308
Константины 1/345; 2/1209; 3/1125
Константа(ы). См. также *Постоянная ассоциации ионов* 5/857
Гаммета 2/461, 646; 3/30, 551
гидролиза 1/1098
диссоциации 2/158, 930; 4/78; 5/856, 857
индикатора 2/446, 447
Кекера 2/913; 4/125, 126
кислотности и основности 2/781, 783
Косовера 2/942
Михаэлиса 2/690, 849; 4/150, 1268; 5/148, 154, 157
основности 5/422–424
пирозлектрическая 3/1078
проницаемости веществ 2/197, 198
равновесия 2/901, 22, 23, 158, 385, 386, 460, 461, 514, 691, 692, 771, 772, 780, 781, 868, 902, 907, 939, 941, 942, 1100, 1270, 1295; 1/380, 1098, 1216; 3/119, 644; 4/155, 187, 415, 421, 422, 755, 821, 1029, 1031, 1037, 1038; 5/422–424, 465, 500, 504, 505, 827, 840
распределения при экстракции 5/825, 826
скорости реакций 2/902, 23, 124, 125, 192, 193, 195, 386, 460, 461, 509, 689–693, 698, 754, 758, 759, 868, 897, 898, 903, 907, 939, 941, 1034; 1/126, 547, 548, 1051–1053, 1101, 1217; 3/140, 141, 258, 259, 427–430, 602, 603, 651, 1177; 4/165, 411, 413–415, 418, 419, 421–424, 871, 1029, 1265; 5/148, 154, 338, 460, 504, 906
– и температура, см. *Аррениуса уравнение*
спин-спинового взаимодействия 5/1026
Тафта 2/645, 941
Тафта-Камле 2/942
Фикентчера 3/1232
Флори-Хатгинса 4/663
ядерная 5/1023
Константан 2/1332; 4/809, 1081
Конститутивные уравнения 4/1067, 1070
Конституционные формулы веществ 3/785
Конструкционные материалы 5/762
как сверхпроводники 4/586
керамика 2/903; 3/418
коррозия и защита от нее 1/549; 2/320–323
органическое стекло 4/840
пластики 1/369, 370; 3/1213; 4/845; 5/41, 42
полимербетон 3/1265
полистирольные 4/40, 41
полисульфоновые 4/44
полиформальдегид 4/64
порошковые 4/141
сплавы 2/260, 957, 1333; 4/808
стекловолокно 4/847

- углерод-углеродные 5/51
упругопластичные 4/486
- Контакт**
дискретно-гидродинамический 4/989, 990
Петрова 1/862; 2/304; 4/928; 5/134
- Контактные процессы (явления)**
взаимодействия Ферми 4/798
катализ 1/1050–1059
конформерия 3/226
коррозия 2/436, 951, 952, 955, 956; 3/273, 274
кристаллизация 2/1040, 1041
очистка нефтепродуктов 2/903, 904; 1/52, 1090; 3/443, 884; 4/612; 5/29
сушка 4/954, 955, 964, 965
термометрические 4/1077
химическое осаждение 5/503
электризация полезных ископаемых 3/634
- Контактные соединения**
инсектициды 2/468, 470–473
ионные пары 2/511, 698, 1203, 1236; 3/349; 5/857
серная кислота 4/644–647
- Континуальные модели растворов** 4/408, 409
- Контролируемая атмосфера** 1/798; 2/326, 327
- Контролируемые реакции**
гидролиз 3/1077
диффузионные 2/192, 193, 755, 868; 4/297, 307, 406, 832, 872
окисление 5/263
синтез пептидов 3/931
– ферментативный 3/929, 934
стереоселективные 4/855, 856
- Контроль**
аналитический автоматизированный 2/855; 3/431
дыхательный, эффект 3/668
за качеством окружающей среды 3/850, 851, 854, 855, 865
композиционных материалов 2/1212, 1213
конформационный реакций 2/740, 913, 914
неразрушающий 2/289; 4/325, 326
радиографический 4/325, 326
«Контур», синтетическая бумага 1/623
- Конусные устройства**
бункеры 3/637
дробилки 2/352; 4/180
классификаторы 2/790
сепараторы 3/632
форсунки 4/347, 348
- Коэффициентная клейкость** 4/444
- Конфигурационного взаимодействия метод** 2/904, 722, 905, 1263; 1/856; 3/237, 468, 1263; 4/120, 576, 691; 5/640, 869, 876, 890, 891
- Конфигурация**
атомных ядер 3/206–210, 223, 232, 233; 4/688–692; 5/868, 880, 881
молекул 2/1263; 3/263–268; 4/688–692
– возбужденных 2/1221, 1222
– геометрическая 3/235–237, 390–395, 467, 468, 1175–1178
– и заместители 3/579
– и квазирацематы 4/389
– и оптическая активность 3/773
– и поверхность потенциальной энергии 3/1175–1178
– обращение, см. *Вальденовское обращение*
– пирамидальная 3/1036, 1037
– правила Альдера 1/199
– стереохимическая 2/905, 127–129, 366–368, 739, 906, 907; 3/263–267, 569–572, 597, 598, 786; 4/857, 858; 5/538, 542–545, 607. См. также *Рацематы*
– теория Гиллеспи 1/1117
– эффекты Яна–Теллера 5/1056, 1057
системы и координаты реакции 2/916–918
электронная 2/904, 905; 3/288, 959–962. См. также *Конфигурационно-го взаимодействия метод*
- Конформации молекул** 1/758–761; 2/143, 144, 368, 906–915; 3/175
аксиальные и экваториальные 2/129, 909–913; 5/542–545
анализ, см. *Конформационный анализ*
белков 1/472–482, 559; 2/914; 4/537
«биологически активные» 3/400
в растворах, см. *Полиэлектролиты*
диастереотипия 4/1219
заслоненные 2/907, 908, 912; 3/266, 331, 571, 572
заторможенные 3/91, 333
и внутреннее вращение 2/907, 908
и гибкость 2/1264, 1265
и давление 1/1216
и деформация 2/55
и диэлектрическая точка 2/408
и контроль реакции 2/740
и напряжение 3/330–334
и оптическая активность 3/773
и поверхность потенциальной энергии 3/1177, 1178
и полимераналогичные превращения 3/1263
и политопные перегруппировки 2/907
и псевдовращение 4/256, 257
и реакционная способность 2/913, 914
и сольватация 2/912, 913
и стереохимическая конфигурация 2/907
и эффект Керра 2/739
изображение, см. *Ньюмена формулы*, *Фишера формулы*
изомерия, см. *Конформационная изомерия*
интерконверсия 2/907, 909, 913
колебательные переходы, частоты 2/855
номенклатура 3/571, 572
нуклеозидов и нуклеотидов 3/175, 597, 598, 600, 601
отклонения от свойств, см. *Конформационные эффекты*
плоские 2/908, 909
поворотные 2/369
полимеров 2/914, 915, 1263; 3/773; 4/369–371, 848–852
полиморфизм 4/23
предельно свернутые, см. *Глобулы*
принцип Кёртина–Гаммета 2/739, 740
равновесие 1/1216; 2/369, 739, 740; 5/544
сингиперпланарные 5/939
складчатые 2/1061
скошенные 3/266, 571, 572, 773
спиральные 2/367; 3/50, 773
структурно-нежесткие 3/392
формы, *анти* 1/760, 761; 2/907, 908; 3/572, 598
– *ванны* 2/95, 909; 3/299, 367, 580, 581; 4/257, 1120; 5/249, 411, 720, 724
– *гош* 1/760, 761; 2/907, 908, 911–913; 3/333, 571
– *конверта* 2/910; 5/720
– *кресла* 2/26, 134, 144, 173, 909; 3/266, 299, 367; 4/257, 865; 5/249, 411, 543, 662, 720, 722, 724
– *полуванны* 3/1177, 1178
– *полукресла* 3/1177, 1178
– *син* 3/598
– *твист* 2/909, 910; 4/257; 5/720
– *транс* 1/760, 761; 2/99; 3/572
– *цис* 2/99; 3/571
– *эндо* 3/597
хиральных соединений 5/542–545
циклических систем 2/909, 910
шахматные 2/907; 3/571, 572
шпильческие 4/210
- Конформационная изомерия** 1/760, 761; 2/369, 906, 929
- Конформационные эффекты** 2/908, 910–912; 3/1263
- Конформационный анализ** 2/906, 127, 855, 907–915; 1/119, 142, 552; 3/786; 4/857, 859; 5/538, 719
и Брюстера метод 1/619
и изомерия 1/760, 761; 2/369, 906, 929
и колебательные спектры 2/855
и контроль реакции 2/740
и молекулярная механика 3/219
отклонений от свойств, см. *Конформационные эффекты*
полимеров 2/914, 915; 3/52
форм молекул, см. *Конформации молекул*
хиральных соединений 5/542–545
- Конформерия контактная** 3/226
- Конформеры, см. Конформации молекул**
- Конформных растворов теория** 4/367
- Концевые группы, определение** 3/218
- Концентраты** 3/629–638; 5/210
- Безбалластные** 2/869, 870
белково-витаминные 1/483; 2/232, 233; 3/157, 212, 281, 862, 864, 884
гранулирование 1/1188
деасфальтизатов 2/6
древесно-сульфитные 3/894
компоненты, степень извлечения 2/916
мастик 2/1318
металлов, обработка 3/93
пигментов 2/1001, 1002; 3/1013
пирометаллургия 3/1068
полимерорастворимых красителей 2/994
рудные и нерудные, см. *Полезные ископаемые*, *Руды*, *индивидуальные минералы и химические элементы*
сульфитно-спиртовых бард 2/1174
суспензий пестицидов 3/993
эмульгирующие 3/992, 1041
- Концентрация(и)** 2/915
- Аномальные полезных ископаемых** 1/1016
в аппаратах идеального вытеснения и смешения 3/421–423
– –, кпд 3/422
вблизи критического состояния 2/1074
газов, см. *Газоанализаторы*, *Газовый анализ*
градиенты 1/560, 561; 2/1299–1307; 3/38, 42, 43, 947–949; 4/1065, 1067
действительная 3/136–138
диапазон 3/136, 137
дисперсион фазы 2/148, 154
и аналитические сигналы, уравнения связи 5/173
и градуировочная характеристика 3/136
и кинетика 2/753–755, 757, 759
и коагуляция 2/817
и правило фаз 5/98–101
и поляризация частиц 3/38, 39; 4/123
и порядок реакции 4/149, 150
и поток вещества 4/1067
и пределы воспламенения 1/703, 831, 832; 3/1187–1189; 4/666
– – горения 1/1168
и химические сенсоры 4/627, 628
и электродные потенциалы 3/431
индикаторного вещества 2/756, 757
как парциальные молярные величины 3/217, 883, 885–887; 4/187, 362–366
как растворимость 4/356
квазистационарные 2/715; 5/686
колебания, см. *Колебательные реакции*
лимитируемых примесей 3/835
мера, оптическая плотность 1/408
мицеллообразования 3/182–184, 1163, 1166; 4/580; 5/394
молярная 2/915; 3/216; 4/362, 365
молярная 2/915; 4/362, 365; 5/803
нижняя и верхняя границы 3/136, 139; 5/148
нормальная 2/915; 5/803
определение 2/521, 522, 866; 5/173, 885. См. также *Жидкостной анализаторы*
остаточные, метод 5/175
паспортные 3/136, 138
пороговая 2/238
предельная, см. *Качественный анализ*
предельно допустимые 3/154, 850, 854, 855; 4/1195
растворов 2/861; 3/1147; 4/360
расчеты 2/754, 903
реагентов, закон действующих масс 2/22, 23
солей в солевой массе 3/188
субстрат-ферментных комплексов 2/849, 850
счетная, см. *Аэрозоли*
точно известные, см. *Фиксаналы*
фиксированные, метод 2/757
электронная в интерметаллидах 2/483–485
эффекты 3/66, 1263; 5/213
- Концентрирование** 2/915, 916; 1/295; 4/393; 5/933
биологические индикаторы 1/550
диахромное 4/398, 399
золей 2/339
и вымораживание 1/847; 2/1041
и выпаривание 1/847–855
и жидкостная экстракция 5/833
и избирательность анализа 2/347
и коацервация 2/819
и обогащение полезных ископаемых 3/630, 632, 634, 637
и разделение изотопов 2/389–392
и соосаждение 4/395, 762
и электрофокусирование 5/866
ионитами 2/504
латексов 5/204
металлов 3/1068, 1069. См. также *индивидуальные химические элементы*
– *благородных* 2/818; 3/1113
по Виноградову 3/871
тяжелой воды 5/33
хроматографическое, см. *Хроматография*
электролитическое 5/639
- «Концертные» реакции** 3/143, 964; 4/743, 744
- Конъюгата** 5/216
- Конъюгация связей** 2/278; 4/451, 766, 767
- Конъюнктивная номенклатура** 3/575
- Коопани** 3/1139
- Координаты**
Йенке 3/188
реакций 2/916, 917, 918; 1/121–125; 3/258, 1175–1177; 4/409, 411, 412, 421–423, 1265; 5/351, 476, 906, 953
цветности, см. *Цветомерия*

Космохимия 2/961, 962, 963; 3/457; 5/511
 Косное вещество 1/553
 Косовера константы 2/942
 Коста теория 3/457
 Коста-Сагиттулина перегруппировка 2/963, 964; 5/197
 Костные (костяные) материалы
 жир 2/307, 308; 3/302
 зола 2/589; 5/112, 113
 клей 2/802
 масло 3/1046; 4/167
 мука 5/305
 уголь 2/589
 фарфор 5/113
 Котаринилхлорид 1/505
 Котельные топлива 2/964, 594, 1005, 1106, 1107, 1164, 1174; 1/727, 728, 920; 3/278, 442-444, 446, 610; 4/175, 1058-1061; 5/41. См. также *Мазут*
 Котленный 4/428
 Котонт 1/587
 Которан 1/1030; 2/202
 Котофор 1/1033
 Котрансляционная модификация белков 3/197, 199
 Коттона эффект 1/393; 3/773; 5/540-545
 Коттона-Мутона эффект 2/292, 859; 4/125
 Коттреля уравнение 5/637, 638
 Котунит 4/597
 Коулсона - Лонге-Хиггинса закон 4/420
 Коупа
 гидроксид-перегруппировка 2/965, 966
 модификация 2/813
 перегруппировка 2/965, 786, 966, 1253; 1/143, 185, 243, 620; 4/664, 993, 1215, 1216; 5/197
 реакция 3/740
 Кофакторы, см. *Коферменты*
 Кофен 2/966, 449, 967, 1084, 1085; 1/144, 291, 292; 3/107, 572; 4/268, 269, 274; 5/707, 708
 Кофейная кислота 5/202
 Кофермент(ы) 2/967, 968-970, 972; 3/1051; 4/249, 250, 430, 1119, 1241, 1242, 1261; 5/148, 149, 151, 152, 159, 270, 767
 А 1/138, 434; 2/654, 655, 968, 969, 1169, 1193; 3/199, 877-880; 4/634, 1136, 1156, 1259, 1261; 5/768. См. также *Пантотеновая кислота*
 - ацильная форма, см. *Ацетилкофермент А*
 аденозинные, см. *Аденозинфосфорные кислоты*
 бнотин 1/555, 40, 451, 556, 609, 751, 1155; 2/970, 1170; 3/1083; 4/634
 плутатон 1/1152, 484, 745, 1150, 1151, 1154; 2/968; 3/470, 920, 927, 934; 4/524, 1236, 1242
 как витаминные формы 1/742, 743, 749-752; 2/967; 3/156
 кобальдные 1/742, 743; 2/365, 943, 946, 968, 970
 липовая кислота 2/1192, 171, 968, 969, 1193, 1194; 1/750; 4/634, 1122
 металлы 3/624
 метаболизм 3/612, 617, 618, 624
 никотинамидные 2/967, 968; 3/469-471, 487, 503, 624, 697; 4/524, 1228; 5/159
 нуклеотиды 3/595
 односторонний перенос 3/652
 пиридоксаль, см. *Пиридоксаль-фосфат*
 тиаминдифосфат, см. *Тиамин*
 убихиноновые 2/972

флавинные 1/525, 1129; 2/968, 970; 4/270. См. также *Рибофлавин*
 фольные 2/960; 5/244
 Кофлера метод 4/514
 Коформин 3/594, 595
 Коффинит 5/73
 Коха
 кислоты 3/382, 386
 процесс 1/864
 Коха-Хаффа реакция 2/970, 633, 640, 646, 971; 3/289
 Кочеткова-Дмитриева реакция 1/1162
 Кочешкова реакция 3/760
 Кошениль 3/689
 Коэнзимы, см. *Коферменты*
 Коэрцитивная сила 2/485, 1240-1243
 Коэзит 2/1025, 1026
 Коэффициент(ы)
 адсорбционный 2/691
 активный 1/126, 127, 1065; 2/7, 8; 3/47, 829; 4/365, 366; 5/856
 брэнстедовский 4/422; 5/964
 броуновской коагуляции 1/448
 весовые 2/749
 виральные 1/727; 5/69, 70
 влагопроницаемости 1/757
 газопроницаемости 3/42
 Генри, см. *Генри закон*
 деполаризации и отражения света 3/167; 4/125
 диффузии 1/60, 447; 2/193, 195-200, 514, 868, 1074, 1300, 1304; 3/1183, 1185; 4/261, 423, 795, 832; 5/29-31, 64
 дыхательный 3/612
 защиты от излучения 1/336
 звукопоглощения 2/327
 излучения нефти из пласта 3/163
 ингибирования 2/432, 435
 качества и ослабления излучений 2/216, 217, 500, 501
 кинетические 1/8, 9; 4/829-832, 1067, 1068
 конденсации 4/891
 контрастности фотоматериалов 5/316, 321, 322, 329
 концентрирования 2/916
 креатининовый 2/1004
 летучести 2/159, 160, 1167, 1168; 5/101
 массоотдачи 1/7, 8; 2/1300-1304; 3/1142, 1183-1185
 массопередачи 1/9; 2/1304-1307; 4/456, 459
 массопроводности 2/1304; 3/1184, 1185
 мутности среды 3/440
 Онсагера 4/830, 831, 1067, 1068
 осмотические 3/829; 4/373
 переноса 2/692, 693; 4/830-832
 плотности упаковки 3/1145
 поглощения излучения 1/3; 4/785
 подобия 3/1180
 полезного действия аппаратов 2/1307; 5/806
 - Мерфрей 4/455
 - ракетного двигателя 4/942
 - тепловой машины 4/1028
 продольного перемешивания 3/1184, 1185
 разделения изотопов 2/389-392; 5/3
 - мембранного 3/38, 42
 - при концентрировании 2/347, 916
 - кристаллизации 2/1039, 1040
 - экстракции 5/825, 826
 разупрочнения 1/788
 распределения биохимический 2/942
 - ионов 2/504; 3/47
 - при пенной сепарации 3/898
 - экстракции 5/101, 825
 рекомбинация ионов 2/530, 531
 рекомбинация 2/292, 304, 421; 4/513-516
 сжимаемости 4/663; 5/69

температурные плотности 3/97
 - расширения 2/299, 304, 828; 3/98, 1093, 1146, 1183, 1185; 4/997, 1038
 - электропроводности 3/96
 температуропроводности 3/1183-1185
 теплоотдачи 3/1183-1185; 4/262, 1045-1047, 1049, 1051
 теплопередачи 4/1048, 1049, 1053
 теплопроводности 3/97, 98, 1183-1185
 термический давления 5/69
 - расширения 5/69
 термодинамические 5/595-604
 трансмиссионный 2/754
 трения 2/1, 1303; 4/1246, 1247; 5/370, 371
 турбулентного переноса 5/30, 31
 феноменологические 4/1067, 1068
 Фуры 4/883
 холодильные 5/595-603
 чувствительности анализа 2/512; 3/136
 Эйнштейна 2/727
 эксергетические 5/806, 809, 810
 экстинкции 5/885
 электронной селективности 2/522
 эманирования 5/946
 Крабтри эффект 1/1136
 Краевые дислокации 2/51, 52
 Краевые углы смачивания 1/36; 2/317, 761, 1182; 3/1170, 1173, 1174; 4/167, 729, 730; 5/845
 Крайная 1/629
 Крайовак 3/1139
 Крама правила 1/390, 391
 Крамерса теория 4/410, 423-425
 Крамерса-Кроннга соотношения 5/918
 Крандалит 5/251
 Крапплак 2/971
 «Красные» частицы 5/931, 932
 Красильный раствор, см. *Куб*
 Красители. См. также индивидуальные представители, в том числе различных цветов
 азметинные 3/129-132; 5/124, 782
 азиновые, см. *Азиновые красители*
 азо, см. *Азокрасители*
 азидные, см. *Азогены*
 азометиновые 1/86, 87; 2/980; 3/1017, 1035, 1036; 4/18
 акридные 1/112, 113, 114, 366, 367; 2/972
 активные, см. *Активные красители*
 алифатические 2/972
 алициклические 2/972
 аминоксантиновые 1/573; 4/668
 аминоксантиновые 2/1082, 1083; 4/530
 анноновые 2/995, 996; 3/128; 4/247, 248, 255, 256
 антипирные 1/336; 3/1036
 антрапидиновые 2/981
 антрахиноназольные 2/980
 антрахиноновые, см. *Антрахиноновые красители*
 антроновые 2/982
 арилметановые, см. *Арилметановые красители*, *Трифенилметановые красители*
 ароматические 2/972, 973
 ацетонорастворимые 1/438, 82; 2/993, 997, 1000
 бензантиновые 1/490
 бензопиримидиновые 2/981
 винилсульфонные 1/128, 129; 3/998
 водорастворимые, см. *Водорастворимые соединения*
 Вюрстера 5/339
 гетероциклические 2/1253, 973-975, 1254
 гидразоновые 3/129, 130

десенсибилизирующие 2/37
 дисперсные, см. *Дисперсные красители*
 для цветной фотографии 5/324-326
 енольные формы 2/1093
 жирорастворимые, см. *Жирорастворимые соединения*
 и пигменты 3/1009
 индантеновые 3/390
 индигоидные 2/441, 347, 442, 976, 980, 1093, 1156; 1/419; 3/786; 4/1130
 нидоанилиновые 5/124
 катнионы 2/699, 700, 701, 976, 977, 979, 982, 991, 992, 995, 996; 1/83, 494; 3/128-132, 523, 536, 675, 676, 690, 694, 833, 834, 997, 1199, 1200; 4/50, 91
 кислотнотравные 4/248
 кислотные, см. *Кислотные красители*
 ксантеновые, см. *Ксантеновые красители*
 ксантогеновые 5/128
 ксиленоловые, см. *Ксиленоловые красители*
 кубовые, см. *Кубовые красители*
 ледяные 1/77
 макрогетероциклические 2/1253, 981, 1254
 маслорастворимые 2/995
 металлосодержащие 1/83, 86; 2/151, 152, 774-776, 991, 992, 994-997, 1253; 4/18, 247, 248; 5/221
 метиновые 3/128, 129-132; 2/976, 982, 1125; 1/527; 4/23, 625, 799, 1120
 нафтакридиновые 2/980, 981
 нафтохинонаксиновые 2/981
 нейтральные 3/128, 129, 131
 нерастворимые 2/978
 номенклатура 2/976, 977
 оксизинные 3/675, 536, 676, 677, 697, 1017; 2/438, 460, 980, 1116, 1125; 5/132, 530, 531
 оксидационные 3/694, 695
 основные, см. *Основные красители*
 периноновые 3/953, 954, 1016; 2/981; 4/18, 76
 пирозолантроновые 2/981
 пшеничные 2/539, 658; 3/1089
 полимерные 3/1269, 1270
 полиморфнорастворимые 2/993, 994; 3/953, 954
 полиметиленовые 2/1228
 полиметиленовые 4/23; 3/128
 применение 2/79, 221, 982, 1000, 1119, 1125, 1128; 3/132, 797, 1125; 4/624-626. См. также *Красители*
 природные 2/971, 972-975
 просветляющие 5/383
 противореальные 3/692
 противные 4/247, 248; 1/139-2/977, 982, 991, 992, 995, 996, 1000; 3/537, 538; 4/1117
 прядильнорастворимые 2/993
 прямые 4/255, 256; 2/81, 976-978, 982, 990-992, 994-995, 999; 3/3, 382; 4/1199
 сажевые 2/701
 светопрозрачные 3/1035, 1036, 1079; 4/256; 5/382, 383
 сенсибилизирующие 2/398; 5/317
 сернистые 4/648, 43, 649; 2/455, 460, 976, 978, 990, 992, 993, 1156; 3/519, 547, 563, 566; 4/921, 1116, 1117
 синтетические 2/975, 971, 976-982
 спирторастворимые 4/800; 2/462, 977, 994, 1000-1002
 срок службы к материалам 2/989, 991
 стиральные 2/114, 149, 150; 3/130-132

- субстантивные 4/255, 256
сушка 4/959
тиазинозные 4/1116, 668, 1117, 1118;
2/438, 460, 980; 3/113; 5/531
тиазоловые 4/1118
тиониндигоидные 4/1129, 1130;
1/528; 2/441; 3/1017; 4/1146
триазеновые 3/129, 130
устойчивость к миграции 2/1001,
1002
флуоресцентные 5/213, 212, 214;
2/1082, 1216–1219; 3/132, 704,
834
формазановые 2/980
формы восстановленные, см. *Лейко-
соединения*
– выпускные 2/981, 982
фотохромные 3/132
фталановые 1/368; 2/1082
фталоцианиновые, см. *Фталоциани-
новые красители*
хинониминные 5/529, 530–532,
535; 2/437, 438, 449, 460, 980, 995,
1156; 3/471, 472, 536; 4/1116,
1117
хинофталоновые 5/535, 536; 2/149,
150
холодные 1/77
хромоновые, см. *Хромоновые материалы*
цвет, см. *Цветность органических
соединений*
цианиновые 1/238, 492, 527; 2/179,
180; 2/1228; 3/62, 128–131, 785,
817; 4/1117, 1118; 5/527
Краски 2/982, 983; 3/412, 1129
акрилатные 1/788, 790
антисептики 1/337
белые 1/462
воднодисперсионные 1/788–790;
2/982, 1133
водостойкие 2/603
водоэмульсионные 1/788, 789, 790;
2/982, 1133, 1151; 3/1140, 1223;
5/989
вязкопластичность 4/486
дорожно-маскировочные 5/563
и пигменты 2/982; 3/1009
клеевые 2/799, 559, 802, 982; 1/337
красные 1/80, 81, 953; 2/302, 398,
438, 997
лаковые, см. *Эмали*
латексные 1/788–790
малярные 2/1278; 3/1011; 5/703
малярные 2/1296, 821, 982, 1129;
1/1065; 3/750; 4/383; 5/67
нанесение 2/1130, 1131
необрастающие 1/337; 2/1331;
3/252, 763, 991; 4/546; 5/749, 934
пленкообразователи 3/1139, 1140
полиграфические 1/114; 2/462, 776,
997, 1096, 1128; 3/113, 378, 834,
1009, 1011, 1012, 1016; 4/1115;
5/703, 957
полимерные 1/788, 790; 3/917, 1197
получение 2/354–356, 1296
порошковые 4/142, 143, 144; 2/982,
1133; 3/1139
сигнальные 2/1084
силикатные 4/673, 674, 834; 2/982;
5/67
темперные 2/799; 4/383
термостойкие 2/603
термочувствительные 3/479
токопроводящие 3/991
фасадные 5/67
флуоресцентные 2/1228
художественные 2/799, 821, 1278;
3/1011, 1012; 4/383; 5/62, 67
штетельные 3/131, 834
эмалевые 2/978, 1296, 1297; 5/945
Красные соединения
гексаацидоферрат калия, см. *Кровя-
ные соли*
железяки 2/269, 270, 606
железоокисидные пигменты 2/274
красители 1/78, 80, 81, 953; 2/221,
302, 398, 438, 447, 997, 1090;
5/412, 413, 957, 1002
шлам 1/1087
эритрозин 2/1082
Красочное правило 2/983; 3/733
Кратные связи 2/983, 16, 26, 75, 99–
102, 108, 128, 129, 245, 372–374,
403, 404, 416, 623, 889, 908, 925, 975,
984, 1171, 1172; 3/81, 82, 406, 407,
604, 785, 1265; 4/176, 177; 5/461,
736, 738, 742, 743, 779, 783, 961
активированные 2/642; 5/258, 259
в молекулярных перегруппировках
3/938–940
и ион-радикалы 2/526
и карбаноны 2/621
и металлизирование 3/72
и правило Марковникова 2/1294
миграция 1/752; 2/621
рефракция 4/516
с позитронием 3/31
Кратных отношений закон 2/984;
3/413; 4/866
Краун-соединения 2/984
Краун-эфир 2/984, 522, 525, 646,
798, 965, 985–987, 1036, 1172, 1204,
1327; 1/392, 1061; 3/21, 24, 33, 511,
787, 973, 1256, 1258; 5/441, 744
Крафта точка 3/182, 302
Крафт-бумага 2/29, 30
Крахмал 2/987, 31, 40, 109, 232, 464,
539, 988, 989, 1153, 1182, 1295;
1/1098, 1126, 1127, 1132, 1135,
1154, 1155; 3/271, 324, 749, 864, 993,
997, 1075, 1088, 1269; 4/35, 381, 392,
399, 661, 1013; 5/38, 40, 149, 152,
158, 204, 208, 554, 710, 865, 950, 995
ацетилированный 2/989
гидроксидилированный 2/989;
4/39
гидролизированный 2/989
дilatация 2/111
как индикатор 1/615; 2/496, 499
как компонент клеев 2/802
– – красок 2/799
– – молока 2/989
метаболизм 3/611, 614–616
модифицированный 1/621
обугленный 2/1032
окисленный 2/989
«осахаривание» 1/232, 437
фосфатный 2/989
фотосинтез 2/633
цветная реакция 3/1238
Крашение 2/975, 976; 3/505
адсорбционное 2/1000, 1001
аэрографное 2/998
баранное 2/995, 996
бихроматное 2/1097
бумаги 2/989, 121, 990; 3/834, 1009;
5/412, 530
в геле 2/700, 701; 3/1199
в массе 2/440, 992, 993, 1001; 3/192,
677, 1009, 1204, 1230; 4/17
волокон 2/990, 698–700, 991, 992;
3/1230, 1236, 1269; 4/64, 72, 247,
248, 255, 256, 648, 649
– и оптическое отбеливание 3/837
– природные 2/253, 775, 776, 992,
1093, 1228; 3/244, 472, 537, 543,
676, 677, 690, 691, 833; 4/919;
5/221, 382, 383
– химических 1/732, 1095, 1097;
2/992–994, 1228, 1254; 3/3, 131,
543, 676, 677, 833; 1199, 1200;
5/221, 535, 536
волос 3/694
выравниватели 2/694; 4/1012
древесины 2/994, 995; 3/471, 694;
5/412
и инсектициды 2/474
и сублимация красителей 2/151,
152; 5/535
кожи 2/995, 701, 836, 996–999;
3/131, 472, 543, 693, 834, 1009,
1270; 4/1129; 5/412
кубовое 2/1094, 1095; 4/45
латексов 2/1003
ледяное 1/77
лейкокислотное 2/1093, 1094
меха 2/998, 977, 999, 1093; 3/244,
519, 523, 694, 695, 1057; 4/1130,
1199; 5/124
нитритное 2/1097
окислительное 2/998, 999
оксидированного алюминия 2/999,
1000; 5/913
пластических масс 2/1001, 1002,
1228, 1254, 1278; 3/131, 471, 537,
677, 1009, 1013, 1138, 1269, 1270;
5/213
плюсовочно-запарное 2/1094, 1097
покрывное 2/996, 997
протравное 2/977, 1097, 1329, 1334;
3/691, 700; 4/247, 248, 943, 947;
5/610, 612, 613, 619, 631
растворители 4/359
резно-технических изделий
2/1002, 440, 1003; 3/537, 1009;
5/62
смесовое 2/700
суспензионное 2/1093
термоэлюционное 2/1095, 1097
тканей 2/441, 613. См. также *Печа-
тание тканей*
урзольное 3/694
холодное 1/77, 78
эмалей 2/1278
К-регент Вудворда 1/840
Креатин 2/1003, 1004; 5/1057
Креатинин 2/1004
Креатинкиназа 1/1000, 1003
Креатинфосфат 1/558; 3/624, 876
Креатинфосфокиназа 5/151
Креатинфосфорная кислота 2/1003,
1004
Кребса цикл, см. *Трикарбоновых кис-
лота цикл*
Кребса-Хензелейта цикл 3/809–812
Кредазин 1/1032
Крезидины 2/1005
м-Крезилацетат 5/372
Крезоловый красный 2/447, 1090;
4/936; 5/1002
Крезоло-формальдегидные смолы
5/134
Крезолфталены 4/936; 5/380
Крезолфталексоны 5/379
Крезолы 2/1004, 1, 15, 18, 88, 91, 406,
591, 593, 846, 1005, 1044, 1092;
1/311, 373, 452, 494, 573, 615, 670,
697, 717, 903; 3/291, 293, 691, 1021,
1055, 1218, 1219, 1221, 1246, 1247;
4/71, 86, 570, 612, 1101, 1126, 1198,
1205; 5/133, 135, 142, 208, 380, 817,
942, 1004. См. также *Гидрокситолу-
олы*, *Метилфенолы*
Крекинг 2/1005, 169, 844; 1/31, 140;
3/257, 1061; 4/1061
каталитический, см. *Каталитиче-
ский крекинг*
термический 4/1058, 526, 1059–
1061; 1/926, 927; 2/843, 1005,
1251; 3/122, 346, 441, 442, 444,
448, 726–728, 1000, 1058. См. также
Висбрекинг
электрохимический, см. *Электро-
крекинг*
термоконтактный 2/844; 4/1059–
1061
Юрека 4/1059, 1060
Кремагит 1/1033
Кремневодороды 4/670, 671. См. так-
же *Силаны*
Кремневольфрамная кислота 5/366
Кремнегалогеноводородные кислоты
3/126
Кремнезем 1/634, 646, 922, 1182;
2/209, 263, 294, 297, 332, 677, 1024–
1028, 1032; 3/698; 4/680, 681, 834–
838; 5/371. См. также *Кремния ди-
оксид*
активный 2/377
аморфный, см. *Силикагель*
водные растворы, см. *Кремниевые
кислоты*
волокна 1/2; 4/845
гидратированный 2/1026, 1028
гидрозоли 2/1007
как адсорбент 1/884
как матрица для ферментов 2/422
как минерал, см. *Кварц*
как отбеливающая земля 3/837, 838
керамика 2/733
коллоидный 2/817, 1007, 1027. См.
также *Аэросил*
модуль 4/834, 841, 842
пирогенный 2/1027
стеклообразный 2/1025. См. также
Кварцевое стекло
Кремнемолибденовая кислота 2/1009,
1010
Кремнефторсодородная кислота
2/1005, 590, 783, 984, 985, 1006,
1009, 1010, 1027, 1031; 1/281, 902;
3/576, 1056; 5/383, 393
Кремний 2/1027
Кремниевые кислоты 2/1006, 1007,
1019; 1/442, 770, 773, 1001, 1044;
3/170, 327, 360; 4/673, 698; 5/616,
580
– – соли, см. *Силикаты*
Кремниетермия 4/875
Кремний 2/1007, 578, 789; 3/170, 575,
871; 5/54, 936, 937
азид 5/503
амид 2/1024
аморфный 3/577, 775, 776
арсениды 1/384; 2/1008; 4/683
бориды 2/1008, 1241; 4/683
бромиды 1/612; 4/685
гидриды 1/1079, 1080; 2/1008–1010,
1205, 1234; 3/126; 4/110, 118,
573; 5/688. См. также *Силаны*
гидроксид 1/871; 2/1079
интерметаллиды 2/478, 479, 481
нодиды 2/1028, 495, 1008, 1029;
4/671
карбид 2/1029, 222, 223, 623–625,
734, 840, 878–880, 903, 949, 1008,
1009, 1016, 1056; 3/255, 417, 500,
768, 774, 1153; 4/24, 33, 46, 109,
112, 118, 333, 683, 685, 782, 785,
1041; 5/43, 371
клатраты 2/798
метеоритный 2/963
нитрид 2/1029, 209, 734, 879, 903,
962, 1008; 3/76, 508–510, 1105;
4/1006
оксид(ы) 1/1182; 2/710; 3/698;
4/584, 839, 885
– аморфные, см. *Силикагель*
– водные растворы, см. *Кремниевые
кислоты*
– диоксид 2/1025, 209, 222, 263,
300, 332, 377, 588, 672, 675, 677,
733, 737, 774, 798, 800, 801, 832,
833, 1006–1008, 1013, 1026–1030,
1205, 1234; 1/19, 62, 136, 137, 634,
646, 820, 922, 1044, 1110; 3/24,
89, 135, 146, 147, 165, 244, 280,
288, 325, 334, 335, 390, 417, 439,
646, 649, 650, 660, 695, 696, 698,
699, 774, 775, 777, 996, 1011,
1013, 1056, 1103–1106; 4/33, 91,
141, 202, 333, 592, 674, 685, 706–
708, 724, 746, 834–838, 843, 846,
944, 1126, 1173, 1174, 1223;

- 634

- дифракция рентгеновских лучей 4/473–475
допирование 2/51, 53
друзы 1/1123
жидкие 2/286, 153, 191, 287–289, 299, 453, 1060, 1069, 1072, 1186; 1/393, 411; 3/182, 185, 784, 1120, 1209, 1213, 1216; 4/23, 24, 65, 868; 5/100, 538, 884
зарождение и рост 2/316–320. См. также *Кристаллизация*
и закон кратных отношений 2/984
и квазикристаллы 2/714, 715
идеальные 2/105
изоморфизм 2/370, 371
инженерия 4/114. См. также *Монокристаллов выражение*
ионные 2/510, 51, 480, 485, 506, 511, 527, 1056, 1063, 1072, 1238; 3/1162; 4/290, 291, 745; 5/462, 856, 861, 894. См. также *Ионофоры*
как люминифоры, см. *Кристаллофосфоры*
квадрупольные моменты 2/712, 713
квантовые состояния 2/720, 721, 725–730
ковалентные 2/832, 510, 833, 1056, 1063, 1069; 3/224, 225; 4/745
критические параметры 2/1075–1077
лазерные 2/1118–1120, 1123, 1124; 1/1185
металлические 3/74, 73, 75, 96, 97, 629; 2/480–485, 1056, 1063, 1069, 1238
минеральные виды 3/164, 166
молекулярные 3/225, 226, 227, 427; 2/1056, 1057, 1063, 1069, 1239; 4/411–414; 5/1057
моно- и полисистемные 3/226
морфотропия 3/276
нематические 2/1072; 5/104
нестехнометрические 3/433–435
нитридные 3/499, 74, 87, 255, 415, 417, 500, 501; 2/52, 877, 879, 1070; 4/103, 251
оптические, см. *Оптические материалы*
осваляюще созревание 2/1048, 1049
пироэлектрические 3/1078
плавление 3/1091–1094
поверхность, травление 2/452–454
– энергия 3/1162
полиморфизм 4/23, 24
полютизм 4/45, 46
полярность 4/576
предплавление 3/1091, 1092
прочность 3/1173
пьезоэлектрические 4/284
равновесная огранка 3/1172, 1173
радиационная стойкость 4/290, 291
реакции 4/411–414. См. также *Кристаллохимия*
релаксация 4/463
с многоцентровыми координационными связями 2/919
симметрия 2/1063–1070; 3/68, 74, 226
сингония 2/1067–1069, 1071
сметические 2/1072
смешанные 2/370, 371
сольваты, см. *Кристаллосольваты*
структура, анализ 2/189–191; 4/473–475, 780
– атомная 2/1068–1070. См. также *Кристаллическая структура*
– геометрия 2/1065
– дальний и ближний порядок, см. *Кристаллическое состояние*
– простые формы 2/1067
– укладка молекул, см. *Плотная упаковка*
текстуры 2/1061, 1068
- «усы» 2/877, 879; 3/255
фотоэмульсионный 5/322–324
центры окраски 5/678
энантиоморфизм 5/952, 538; 1/392; 3/772; 4/858
эпитаксия 5/958
ян-теллеровские 5/1057
Кристаллы 1/540, 1042; 2/1025–1027; 5/112, 113
- Критерий(и)
адекватности модели объекту 2/749
Гриффитса 4/489
Дамкелера 2/1256, 1259–1261
замещения, см. *Топные отношения*
Мизеса 4/486
оптимизации 3/769–772
подобия 2/543, 1301; 3/193, 1181–1185
связности частиц в порошках 4/137
Семенова 1/829
стабилизации полимеров 4/815, 816
статистические 3/137, 1108, 1110
Стокса 4/282; 5/727
Стьюдента 3/138, 638–640, 644, 1108
Треска – Сен-Венана 4/486
универсальные эволюции систем 4/1070
Фишера 2/749; 3/638, 1108
Франк-Каменецкого 1/829
Критическая фаза 2/1072–1077
Критические параметры 2/1074–1077
концентрация мицеллообразования 3/182, 183, 301, 302, 1163, 1166; 4/580
сжимаемость 4/664
температура 1/923; 2/61
точки 1/66–68; 2/57, 61, 1072–1077; 3/1161; 4/362, 366, 763; 5/104, 465. См. также *Кюри точка*, *Неелы точка*
Критические явления 2/1072, 300, 761, 1073, 1074; 1/727; 5/72, 99
в двухфазных системах, см. *Критическое состояние*
в микроэмульсиях и эмульсиях 3/163; 5/948
и мицеллы, см. *Мицеллообразование*
в растворах неэлектролитов 4/362, 366
в цепных реакциях 5/686
и макрокинетика 2/1258
и теплоемкость 4/1040
изоморфизм 2/1072
опалесценция 2/1072, 1073; 5/103
параметры, см. *Критические параметры*
пересечение пара 2/890
решеточные модели 4/829
фазовые превращения, см. *Фазовые переходы*
Критическое состояние 2/1074, 57, 299, 300, 1060, 1055–1077, 1216; 1/924; 4/1029; 5/465. См. также *Критические явления*
и законы Коновалова 2/899
и поверхностная энергия 3/1161
кривые 1/66–69; 2/1075–1077
параметры, см. *Критические параметры*
Кричевского – Казарновского уравнение 1/5, 1015
Кричное железо 2/273
Кровельные материалы 1/563; 3/864, 895, 1200, 1245
- Кровь
анализ, реактивы 3/834; 5/151
антикоагулянты 2/439, 1082, 1145; 3/203; 5/126, 547, 988
групповые вещества 1/1138, 1139
заместители 2/1078; 3/163, 1230; 4/893; 5/392, 406, 410, 949
красный пигмент эритроцитов, см. *Гемоглобин*
- оксигенаторы 3/56
плазма, см. *Плазма крови*
регуляторы pH 2/637
свертывание 2/111, 731, 1123, 1195; 3/1098, 1196; 5/969
содержание глюкозы 2/476, 695
– микрокомпонентов, экспресс-тесты 4/399; 5/819
– реинна 4/469
сыrovотка, см. *Сыворотка крови*
фибринолитическая активность 2/812, 813
- Кровяные соли
желтая 1/1208; 2/268, 336, 445, 565, 566, 573; 3/8, 370, 969, 1011, 1089; 4/696, 745; 5/453–455, 703
красная 1/371, 654, 1208; 2/205, 272, 273, 525, 565, 566, 778, 1224; 3/383, 538, 542, 559; 5/6, 142, 223, 375, 432, 453–456, 703, 922
- Крокодилит-асбест 1/386
Кроконт 5/608, 630
Кроконовая кислота 3/723, 724
Крокс 2/255
Кролля процесс 4/1174
Кромолин-натрий 1/318
Кромофтан 2/997
Кронетон 2/473
Кроннга-Крамера соотношения 5/541, 542
Кронфлинты 3/775
Кроны 2/1078, 1079, 1296; 3/755, 991, 1011, 1012, 1197; 5/632, 633
молибдатные 2/996
свинцовые 1/1207, 1208; 2/274, 330, 996, 1078, 1079; 4/92; 5/563
стронциевые 1/1208; 2/1079; 3/1012
хромовые 2/997, 1015
цинковые 1/1208; 2/330; 5/134
Кросснговер 1/1009, 1010; 4/451
Кросс-сочетание 2/889
Кротамин 5/1036
Кротильные соединения 1/185, 187; 2/1081
Кротин 1/5/1051
Кротоксифос 2/472
«Кротоанлиды» 5/419
Кротонат, метаболизм 3/613, 617, 618
Кротонил-кофермент А 4/126
Кротообетан 2/654
Кротоновая кислота 2/1079, 643, 644, 1080–1082; 1/181; 3/613; 4/1248
нитрил 2/245
эфир 2/245, 785; 4/693
Кротоновая конденсация 2/1080, 8, 12, 106, 204, 248, 421, 642, 745, 787, 888, 889, 1081; 1/197, 204, 390, 436, 441, 1025; 4/512, 1191
Клайзена-Шмидта 2/787, 788, 1080; 5/60
Кротоновый альдегид 2/1081, 1080, 1082, 1272, 1298; 1/196, 423, 424, 649, 718; 3/1032; 4/768; 5/996
Кротопатин 5/1036
Крототоксин 4/1195; 5/1036
Кротонин 3/153, 154
Крошечная кислота 3/36
Крошин 3/1089
Кроющая способность пигментов 3/1010–1012
Круговой дихроизм 1/392, 393; 2/867; 4/857, 859; 5/108, 538–545
«Крудум» 4/951
Крукенз 4/972
Крупность частиц 2/350; 3/144; 4/182, 710
Крутильные веса 1/685, 687, 688, 693, 694
Крысид 2/341
Ксавин 2/1085
Ксангин 3/619, 620
Ксантан 4/39
Ксантан Б-Ц 1/647
- Ксантен(ы) 2/87–89, 1082
Ксантоновые красители 2/1082, 89, 979, 1083; 1/366; 3/786; 5/128
жирорастворимые 2/302
кислотные 2/776
лазерные 2/1125
основные 2/302, 1082
пищевые 3/1089
полимерные 3/1270
протравные 4/247, 248
родамины 4/530; 2/1128
эозин 5/957
- Ксантоновый водород 4/1164
Ксантилия соли 2/87–89
Ксантин 2/1083, 966, 1084, 1085; 4/276, 1248; 5/217
Ксантилгидрогеназа 1/1219
Ксантинооксидаза 1/188; 2/1084; 4/274, 524
Ксантинил, никотинат 2/1085; 1/1118; 4/775
Ксантин 2/88
Ксантобирубиновая кислота 2/279
Ксантогенатная группа 2/872, 1085, 1086
Ксантогенаты 2/1085, 11, 129, 171, 177, 178, 474, 573, 1086; 1/730, 731, 846; 3/606, 733; 4/394, 654, 726, 924, 938, 1139, 1152, 1153, 1155; 5/207, 664, 779. См. также *Вискоза*
Ксантогеновая реакция 5/779
Ксантогеновые кислоты 2/1085, 1086; 3/739
Ксантогидролы 2/87, 88
Ксантозин 3/598
Ксантоиндисульфиды 2/1085
Ксантокарбоновые кислоты 2/88
Ксантоны 2/87–89, 974; 3/1075
Ксантопропеновая реакция 2/1086, 476; 1/475; 4/1170; 5/121
Ксантопурин 2/975; 4/270
Ксантопуридин 2/136
Ксантосидерит 2/254
Ксантотоксин 2/1086, 1087; 5/341, 1055
Ксантотрицин 2/526
Ксантофилы 2/303, 306, 656–658, 972; 4/381
Ксенаты 2/1088; 3/414
Ксенобиотики 3/848; 5/1042
Ксенон 2/1087; 5/937. См. также *Благородные газы*
бромид 2/1088
гексафтороплатинат 2/1089; 3/414
гидраты 1/911
клатраты 1/569; 2/1043, 1088
межгалогенные соединения 2/1088
оксиды 2/1088; 3/414
определение 2/1088, 1089
получение 1/399, 796, 797; 2/392, 1037, 1038, 1088
применение 2/1089; 5/540
свойства 1/568, 569, 1015; 2/137, 767, 769, 1034, 1077, 1088; 3/956–958, 1093; 4/152, 320, 328, 337, 813, 848; 5/446, 552
фториды 2/1089, 137, 333, 1038, 1088, 1090; 1/970, 1193; 3/414; 4/339, 436, 912; 5/391, 393, 812
хлораты 2/1088
хлориды 1/569, 570; 2/1088; 3/414
эксперименты 2/1088
Ксенолаты 2/1088
Ксенолит 1/875; 2/156, 243, 544, 546, 1229; 4/434, 435; 5/23, 281, 965
Ксерогели 1/59, 62, 1001, 1002; 2/339; 4/131
Ксерография 4/502, 615
Ксидар 3/1213
Ксикаин 1/319, 320; 2/1175
Ксиланы 1/1006, 1103; 3/271, 614–616; 4/34
Ксилема, см. *Древесина*

- Ксиленовые красители
оранжевый 2/1090, 451, 553, 1091;
1/736, 1039; 4/397, 435, 936;
5/379, 750
синий 2/447; 4/936
л-Ксилолфталексон S 5/379
Ксилолы 2/15, 591, 593, 846;
3/1055; 4/60, 936; 5/133, 135, 142,
208
Ксиледины 2/1091, 302, 1093
Ксилл 4/1266
Ксилленовые соединения 3/1262
гликоли 3/396; 4/61; 5/566
диаминны 2/1091, 1092; 5/381
дигалогениды 2/1092; 5/566
днзацианаты 2/1091
Ксиллы 3/569; 5/566
Ксилит 2/1092, 277, 1164; 1/1006,
1089, 1101, 1103; 3/271, 615, 616,
1090; 5/430
Ксилитан 2/1092
Ксилоты 1/1006, 1022, 1101–1103;
2/232, 1092, 1162; 3/264, 269, 271;
4/35, 215, 578, 920; 5/37, 957
β-Ксилозосахаринная кислота 4/904
Ксилокаи 2/1175
Ксилокард 2/1175
Ксилолят 1/871; 2/1248
Ксилосульфокислота 2/1173
Ксилосульфонаты 1/1110
Ксилоты 2/1092, 120, 121, 210, 396,
417, 462, 591, 667, 672, 685, 686, 804,
846, 1040, 1043, 1044, 1091, 1093,
1274, 1320; 1/19, 158, 373, 375, 528,
529, 562, 903, 996, 1089, 1161; 3/79,
292, 446, 449, 451, 466, 515, 665, 667,
673, 727, 994, 1021, 1061, 1066, 1129,
1262; 4/223, 285, 359, 421, 502, 512,
526, 753, 926, 969, 1055, 1114, 1192,
1200, 1201, 1266; 5/56, 196, 377–
379, 381, 527, 567, 608, 739, 778, 833,
1011. См. также Гексахлоркислоты,
Хлоркислоты
Ксилохиноны 1/533; 2/85; 3/25
Ксилохолин 4/694
Ксилулозофосфаты 3/615, 616, 918,
919; 5/347
Ксилулозы 3/264, 615, 616
Ксифталевые смолы 2/1092
Ксиотил 2/588; 4/677
КУ, смола 2/95
Кубы(ы)
аппараты 2/1093; 4/453, 456
красильный раствор 2/441, 442;
4/72
дистиллят-остаток 2/159–161;
4/456, 457
Куба, геттер 1/1063
Кубан 3/332; 4/76, 858
Кубант 3/823; 4/562
Кубические орбитали 3/778, 779
Кубовые красители 2/1093, 78, 86, 356,
439, 440, 976–978, 981, 990–992,
999, 1094–1096, 1156; 1/155, 245,
351, 354, 355, 489, 490, 944, 1065;
3/109, 359, 376, 377, 390, 523, 524,
707, 950, 953, 1227; 5/11, 124
антрахиноновые 1/352; 2/1093;
3/524, 690, 950
антроновые 2/86
безантроновые 1/490
индантроновые 3/1016; 4/73, 74
индигоидные 2/441, 347, 442, 976,
980, 1093, 1156; 1/419; 3/786;
4/1130. См. также Индиго
набивные 2/1095; 3/997, 998
периленовые 3/950
периноновые 3/953
пигментные формы 2/990, 993
полициклические 4/72, 73–76;
1/489, 944; 2/78, 440, 442, 978,
981, 1093; 3/1016; 5/535
тиониндигоидные 4/1129, 1130;
2/1093
фталоцианиновые 5/383
хинониновые 5/531
цианоловые 5/700
эфиroleйкосоединения, см. Кубо-
толы
Кубогены 2/1095, 975, 978, 1096;
3/953
Кубозолы 2/1096, 978, 982, 992, 997,
1000, 1097, 1156; 1/732; 4/72
Кукерситы 1/880, 1177, 1178
Кукурбитацены 4/579, 580
Кукурбитуное масло 1/748, 749; 4/377–
381, 383
Кулона
весы, см. Крутильные весы
закон 3/145
корреляция 5/869
молекулярные интегралы 1/665–
667; 3/222
операторы 3/233, 234
потенциалы 3/233; 5/1020–1022
силы, см. Межмолекулярные взаимо-
действия
Кулонометрия 2/1097, 293, 856, 1098–
1100; 1/670, 753, 754, 893, 894;
3/161, 425, 1134; 4/627, 648, 1186,
1187; 5/77, 106, 172, 173, 196, 554,
837, 838, 914, 933
Купсонит 5/788
Кульстера счетчики 2/148
Кумалин 3/1073, 1074
Кумалиновая кислота 3/1074; 5/1015
Кумар 2/1101
л-Кумарилкофермент А 5/202
Кумарин(ы) 2/1100, 499, 973, 974,
1101, 1125, 1217, 1228; 1/423, 517,
518; 3/836, 966, 1234; 4/570, 699;
5/66, 450, 942
Кумаровая кислота 3/613; 5/66, 201
Кумаровый спирт 2/1173, 1174
Кумарон 1/531; 2/1101; 4/969; 5/608
Кумароно-нденовые смолы 2/1101,
377, 440, 594, 673, 808, 846, 1320;
1/630, 636; 3/444, 1116, 1264; 4/444,
445; 5/572
Куматетралил 2/343
Кумафурил 2/342
Кумахлор 2/342
Кумилгидропероксид 2/1101, 96, 380,
464, 465, 806, 1102; 1/115; 3/123,
732, 978; 4/92
Кумилпероксид 2/1102, 464; 4/42,
301; 5/86, 993
л-Кумилфенол 1/156; 5/133
Куминовый альдегид 5/713
Кумол 1/373, 375, 436, 513, 928; 2/379,
380; 3/123, 738; 4/197, 203; 5/132,
133, 713, 724. См. также Изопропил-
бензол
Кумолсульфонаты 1/1110
Кумулены 2/1102, 1103, 1104; 3/419,
1242, 1250; 5/737
Кумулированные связи 1/173, 174;
2/630, 740, 984
Куна сегмент 2/1018, 1265; 3/1209
Куна–Флори теория 1/862
Кунжутное масло 3/302; 4/377–381
Кунико 2/1242
Кунифе 2/1242
Купелрование 4/639
Куперт 3/1128, 1132
Куперовские пары 4/585
Купоны 3/4
Купманса теорема 2/1104; 3/233, 778;
4/122, 152
Купорос
железный 2/264, 269; 4/904
кобальтовый 2/829
медный 2/1334; 3/4, 146, 252; 4/904
никелевый 3/484, 485
цинковый 5/756
«Купр» 3/575
Купракоролор 3/3
Купраль 2/176, 177
Купраты 2/1329, 1331; 3/9
Купреза 3/4
Купренил 3/897
Куприт 2/1331; 3/4
Куприфоль 3/3
Купроникель 2/320, 321
Купферон 2/1104; 1/736, 1096; 3/8,
492; 4/394, 396, 982, 1174, 1220
Купферонаты 2/1104
Куралетенсин 5/23
Купрапен 2/375–378
Курае 2/1105; 4/517; 5/23, 1052
Кураеподобные средства 2/1105, 172,
1106; 4/240; 5/591, 970, 1051
Кураин 5/23, 1051, 1052
Курехален 3/1139
Курехалон 5/49
Курумун 4/660
Курумун 1/575; 2/972, 973
Куриакит 2/1290
Курикова
принципы 5/174
соединения, см. Интерметаллиды
Курплета 1/425–427
Курролы соли 3/367, 368; 5/247
Курскит 5/298
Куртель 3/192, 1198–1200
Курциуса реакция 2/1106, 83, 405,
1107, 1213; 1/73, 74, 272, 469, 758,
989, 1073; 3/933, 939; 4/610; 5/88,
785
Курчатский 2/1107; 1/585; 3/413, 958,
959, 961; 5/1020
Куршагал 1/716
Кусагард 1/1026, 1027
Куршова реакция 2/1107, 1108; 1/198,
424, 429, 1077
Кучное выщелачивание 1/868, 869;
3/7; 5/77
КУФУ, удобрение 2/619
Кыштымская авария 4/321
Кыштыльский метод 2/1108; 1/273; 3/169;
4/549
Кэмпса реакция 2/1108, 1109
Кэпирование 3/590, 591
Кэпы МРНК 2/1324, 1325
Кэрролла–Каймела реакция 2/1109,
1110; 3/1243
Кюри
единица радиоактивности 4/317
закон 2/766, 1237; 3/881, 882
постоянная 2/1237, 1238
принцип 4/1067
температура 2/1110, 1111
точка 2/1110, 207, 1072, 1111, 1240;
3/98, 629, 881; 4/608, 1039; 5/97,
102–104, 162–164. См. также от-
дельные химические элементы
Кюри–Вейса закон 2/1238; 3/881
Кюри 2/1111, 564, 1112; 1/131–133;
3/957; 4/331; 5/160, 446, 802
Л
(6S,13S)-Лабда-8(20),14-днен-6,13-диол
2/1148
(13R)-Лабда-8(20),14-днен-13-ол
2/1285
14-Лабден-8,13-диол 1/226; 4/715
Лабеталол 1/50
«Лабильный фосфат» 1/41
Лабораторное оборудование 4/837;
5/491, 492, 512
весы 1/686–694, 699–701
мешалки 3/945
печи 3/1008, 1009
плотномеры 3/1146–1148
посуда 1/191; 4/982
сушилки 4/967
титраторы 4/1185
фильтры 5/194
экстракторы 5/833
Лабрадор 3/1192, 1193
Лабрадорит 3/1193
Лабурини 3/1082
Лавали сопла 4/384
Лавандиновое масло 2/1113
Лавандовое масло 2/598, 1100, 1113,
1180; 5/1003–1005
Лавандул 2/1113; 5/1004
Лавеса фазы 2/479, 480, 482, 484, 486;
4/563
Лавессона реагент 4/1133, 1135
Лавинная ионизация 2/208
Лавровое масло 2/1151; 4/494; 5/746
Лавсан 3/437, 1139; 4/87–91, 93, 326,
893, 1129
Лавсон 2/972; 3/705, 706
Лавуазье теория 2/771
Лагодезоксиколовая кислота 2/278
Ладан 2/1113; 1/511
Ладанное масло 2/1113
«Ладенбурга бензол» 2/366
Ладенбурга
перегруппировка 2/1113
реакция 2/1113; 3/1019, 1046; 5/526
Лазерная химия 2/1122, 389, 394, 623,
722, 756, 1123, 1127; 1/792; 5/177,
476, 503, 509. См. также Лазерные
материалы, Лазерные методы, Ла-
зеры
Лазерные материалы 2/1123, 5, 371,
547, 548, 552, 571, 590, 1072, 1124,
1125, 1227, 1230, 1245; 1/206, 214,
463, 672, 1185; 3/241, 410, 418, 478,
489, 776; 4/157, 619, 707, 877, 1024;
5/24, 214, 249, 383, 751, 755
Лазерные методы 1/915; 2/1311, 1318;
3/161, 168
десорбция 2/1121, 1311; 5/742
индуцированная флуоресценция
2/124; 3/238, 239
калориметрия 2/577
масс-спектрография 4/779
сварка 2/1120, 1128
спектроскопия 2/1120, 1121, 1219;
3/209; 5/358, 884
– внутррезонансная 1/762, 763;
2/1120, 1121; 3/141
– комбинационного рассеяния
1/836; 2/866, 867
– оптико-акустическая 3/768, 769
– пикосекундная 3/653
– резонансная фотонизационная
3/190, 191
термоядерный синтез 2/1120, 1128
Лазеры 2/1114, 25, 125, 728, 866, 1037,
1062; 1/762, 763; 5/446. См. также
Лазерная химия, Лазерные методы
газовые 2/431, 505, 1119; 3/411, 414;
5/64
жидкостные 2/431; 3/676; 4/752
и микроскопы 2/867
и многофотонные процессы 3/189–
191
и самоорганизация 4/572
импульсные 2/431, 867
инверсия населенности 2/1115–
1118
ионные 2/1119
как открытые системы 4/573
материалы, см. Лазерные материа-
лы
на диэлектрических кристаллах
2/1123, 1124
на жидких красителях 2/1117–1120,
1125, 1228, 1311
на парах металлов 2/1119, 1120,
1125
на свободных электронах 2/1119
на стеклах 2/1117–1119, 1123, 1124
накачка 2/1115–1118, 1125–1127
полупроводниковые 2/1119; 4/118
рекомбинация носителей заряда
4/104
рентгеновского диапазона 2/1119

- перестраиваемые 1/410; 2/1311; 3/189
- химические 2/1125, 125, 1122, 1126–1128; 3/430; 4/1223; 5/435, 446, 476, 678, 691, 812
- эксиплексные 2/431
- Лазикс** 5/433
- Лазидонин-А** 3/924
- Лазурит** 1/1018; 2/222; 5/62
- Лайнел** 4/49, 50
- Лайнувер-Берка метод** 5/154
- Лак(и)** 2/1128, 977, 1129; 1/139; 3/378, 705; 5/73
- азосоединения 1/83
- акриловые 3/1196, 1197
- ализариновый 2/971
- алкидные 1/152, 153; 2/1128, 1129, 1297; 3/35, 282, 445
- ацетицеллюлозные 5/1007
- бакелитовые 5/134
- битумные 1/562, 563, 564; 2/1129
- бordo СК 2/1003
- бутилолизированные 5/134
- винил- и дивинилацетиленовые 1/711, 712, 714
- водостойкие 2/603
- водоразбавляемые 1/773
- гидратные 1/153
- защитные 4/29
- зеленый 2/1128
- как диэлектрики 2/268
- кальцево-алюминиевый 2/971
- красный 4С 2/1128
- кремнийорганические 2/1014, 1015; 3/743, 1140
- масляные 2/1296, 1129, 1297; 4/383, 739
- меламинные 3/35
- металлокеритиновые 2/731
- новолачные 5/134, 135
- одно- и двухупаковочные 4/51, 52
- озоностойкие 3/661
- основные 2/1128, 701, 834, 978, 1083; 1/367, 1061; 3/1016; 4/1117
- отбеливание 3/837
- отверждение 4/51
- пековый 3/894, 895
- перхлорвиниловые 3/991, 992, 1235; 2/1132, 1133
- пигментированные 4/51
- пленкообразователи 3/1139, 1140; 4/26, 29
- полиакриловые 3/1196, 1197; 4/21, 22
- поливинилбутиральный 1/1208; 3/991
- полиуретановые 4/50, 51, 52, 57; 1/989; 2/406, 1129; 3/1140; 5/73
- полиэфирные 4/91, 92, 93; 2/1128, 1129, 1297; 3/743
- полуфабрикаты 2/1128
- резольные 5/134
- розовый 2/1128
- рубиновый СК 2/1003
- светостойкие 2/139
- синий К 2/1128
- сополимерно-винилхлоридные 4/764, 765; 1/725
- спиртовые 2/462, 995; 3/471; 4/739.
- См. также **Полиурет**
- термостойкие 2/603
- типографские 5/413
- товарные 2/1128
- фаналевые 1/367, 1061; 2/701, 834, 978, 1016, 1083, 1128; 3/113; 4/1117
- феноло-формальдегидные 5/134, 135, 136
- фиолетовые 2/1128
- фторопластовые 5/402
- хлорированные полиэтиленовые 5/563, 564, 565; 3/1140; 4/29
- хлоркаучуковые 5/565; 3/1140
- черный для обуюн 2/462
- электронизоляционные 3/1222, 1223, 1232
- эмалевые, см. **Эмали**
- эпоксидные 5/961, 962; 1/1065; 3/743
- эпоксифенольные 5/134
- этилцеллюлозные 5/1007
- эфироселлюлозные 5/1806, 1007; 2/1128, 1129; 3/547
- ярко-розовый 2/1003
- Лакказы** 3/271; 5/916
- Лакмусовая бумага** 4/394, 399
- Лакоокрасочные материалы** 2/1129; 4/1
- водоразбавляемые 1/773, 153, 774, 775; 3/1140, 1270; 4/51
- грунтовочные, см. **Грунтовки**
- краски, см. **Краски**
- лаки, см. **Лаки**
- на основе алкидных смол 1/151–154; 3/282
- пигментированные 3/1140
- пленкообразователи, см. **Олифы**, **Пленкообразователи**
- высыхание и отверждение, см. **Лакоокрасочные покрытия**, **Сиккативы**
- шпаклевки, см. **Шпаклевки**
- Лакоокрасочные покрытия** 2/1129, 1015; 1/563, 790; 3/87, 445, 750, 991, 992, 1010, 1140, 1197; 4/1, 54, 91, 92; 5/962. См. также **Лакоокрасочные материалы**
- атмосферостойкие 2/1133
- бездефектные 2/1132; 4/51
- градиентные 2/1131
- декоративные 3/1011
- долговечность 2/1133
- дефекты 2/48
- защитные 1/19; 2/322, 323; 3/806; 4/29, 143, 144
- коррозионностойкие 3/1011, 1012
- нанесение 1/774, 775, 790; 2/1130, 1131; 3/991; 4/51
- необрастающие, см. **Необрастающие материалы**
- подсшивание 5/62
- полирование и шлифование 2/1132; 4/33, 34
- порошковые 2/1131; 4/142–144
- старые, удаление 2/103
- сушка 2/1131, 1132; 4/960, 965. См. также **Отверждение**
- укрывные 1/1208; 2/1132
- Лакриматоры** 1/615; 2/401, 1082, 1142; 3/103, 801, 844, 846; 4/921, 938, 1167; 5/561
- Лакрис** 5/204
- Лактаза** 2/464
- Лактальбумин** 1/191
- β-Лактамазы** 2/1134–1136; 3/1097; 5/698, 699
- Лактаматы металлов** 3/1208
- Лактамацетали** 1/420; 3/721
- Лактам-лактимная (лактам-лактамная) таутомерия** 1/455; 4/992; 5/84
- β-Лактамные антибиотик** 2/1133, 1134, 1135, 1140; 1/320; 3/924; 4/634; 5/697–699. См. также **Лактамы**
- Лактамы** 2/1136, 417, 1133–1135, 1137–1140; 1/229, 989, 1077; 3/187, 1080, 1265; 4/513; 5/708, 783–785, 939, 978
- ε-аминокапроновой кислоты** 2/615, 616
- ацетали, см. **Лактамацетали**
- 1-винил-2-пирролидон 1/721, 722
- как мономеры 3/257
- кетонс 2/740, 741, 1157
- N-метилпирролидон 3/120, 121
- поли-N-винилпирролидон 4/1229, 1230; 2/1140
- Лактасоль** 2/1078
- Лактат** 2/1140; 3/253, 612–618; 4/1260
- L-Лактатдегидрогеназа 2/1140, 395; 1/609; 3/470, 697; 5/149–151
- Лактиды** 2/1140, 11, 1141; 1/1132; 3/699, 1263; 5/1015. См. также **Полилактид**
- Лактимы** 1/455; 2/82, 419; 3/1028; 4/992; 5/708
- Лактоген плацентарный** 3/1134, 1135; 1/1172; 4/189, 758
- Лактогенный гормон, см. Пролактин**
- Лакто-N-дифукогексаоза** 3/748
- Лактоза** 1/198, 484; 2/232, 423; 3/614, 626, 655, 747–749; 4/426, 427, 431; 5/38, 150, 160
- Лактолы** 2/1142; 3/687
- Лактомеры** 3/1147
- Лактоназа** 3/918
- Лактонитрил** 3/253
- Лактоны** 2/1141, 11, 28, 29, 345, 629, 635, 743, 1142–1144; 1/196, 252, 450, 543, 955, 956, 1077; 3/1073; 4/201, 205, 313, 428, 903, 916, 1140; 5/545, 713
- арилметановых красителей 2/1081, 1082
- галогензамещенные 2/646
- как мономеры 3/252
- кетенов 2/740, 741
- кислот альдоновых 2/752; 3/267
- гидроксикарбоновых 3/187, 699, 700; 5/379
- молочной 3/253
- уроновых 5/93
- янтарной 5/793
- макролиды** 2/1261, 1262, 1263; 3/290
- мускусы** 3/291, 292
- пептидные** 2/34, 35
- сескантиперенов** 4/660
- стероидные** 5/1053
- шеллака** 4/739
- Лактопероксидаза** 1/481
- Лакто-N-тетраоза** 3/748
- Лактоотропный гормон** 4/189, 190
- Лактофлавин** 4/523–525
- Лакто-N-фукопентаозы** 3/748
- Лаллеманциевое масло** 4/377–380
- Ламбертиановая кислота** 2/283; 4/740, 741
- Ламе** 3/74
- Ламели** 2/1060, 1061
- Ламинак** 3/822
- Ламиннары** 2/1144
- Ламиннары** 2/1144, 1145; 1/193; 4/35
- Ламиннариоза** 2/1144
- Ламиннаридекстрины** 2/1144
- Ламиннариказы** 2/1144
- Ламиннарины** 1/193; 2/1144, 1145; 4/35
- Ламиннарное течение** 1/1105, 1169; 3/941, 942, 946, 947, 1141; 4/881, 1043, 1046, 1047
- Ламинирование** 1/624; 3/1136
- Ламповый анализ** 3/447
- Лампы(а)**
- Байрда-Альперта** 1/663
- безэлектродные** 1/408
- высипка** 1/987
- газоразрядные** 2/1116, 1117; 3/349
- Грима** 4/777
- для спектрофотометрии** 4/785
- ксеноновые** 5/540
- люминесцентные** 4/948
- металлогалогенные** 2/444; 3/768; 5/283, 497
- натриевые** 5/540, 762
- ртутные** 5/63, 540
- флуоресцентные** 1/410
- Ланазол** 1/129
- Лангбейнт** 1/956, 957; 2/498, 562, 570, 1251
- Лангерганс островки** 1/1154; 2/475
- Ландау диамагнетизм** 2/77
- Ландау разложение** 2/1073
- Ланде фактор** 2/329, 1238, 1244; 5/888
- Ландемана уравнение** 3/1092
- Ланжевена уравнения** 2/77, 125–127, 207; 3/214; 4/409, 410, 832
- Ланжевена-Дебая уравнение** 2/207; 4/125, 127
- Ланолин** 1/825, 826; 5/590, 780
- Ланолиновый спирт** 1/826
- Ланостерин** 4/713, 860, 1092
- Лантан** 2/1145, 1146; 3/955, 957–961; 5/937. См. также **Лантаноиды**, **Редкоземельные элементы**
- алюминаты** 1/205, 206; 2/1146
- борид** 1/583–585
- бромиды** 2/1227; 4/437; 5/24
- ванадат** 1/672
- германаты** 1/1035
- гидриды** 1/1081; 2/1145
- гидроксид** 1/541; 2/1146
- земля** 2/1146
- интерметаллиды** 1/1082; 2/477, 486
- нитиды** 3/356; 4/437
- карбид** 2/624
- карбонаты** 2/1145, 1146
- кобальтат** 2/672
- никелид** 2/486, 1146
- нитрат** 2/1146
- нитрид** 2/1145
- оксиды** 2/1146; 3/89, 699; 4/438, 586, 587
- определение** 1/381, 615, 763; 2/710; 3/124; 4/436, 936
- органические соединения** 2/1146–1148; 3/713
- перхлорат** 2/1146
- плембид** 4/601
- получение** 2/87, 1146; 3/89, 413; 4/436, 559, 1165; 5/651
- применение** 1/331; 2/1146, 1249; 3/497; 4/436
- свойства** 1/833; 2/243, 383, 564, 1145, 1146; 3/88, 97, 949, 1093; 4/431, 432, 571, 813; 5/24, 865
- селенид** 4/584, 619
- силицид** 4/684
- сплавы** 2/537, 548
- сульфиды** 2/1061, 1146, 1227; 4/910, 911
- феррит** 5/163
- фосфат** 2/1146, 1226
- фториды** 1/541; 2/521, 1146; 3/57, 566; 4/436, 437; 5/388, 391, 862
- хлориды** 2/1146; 4/437
- хромат(ы)** 2/1146, 1147; 5/631, 632
- хромит** 2/734
- цирконато-титанат** 3/774
- Лантаноиды** 4/432
- Лантанодное сжатие** 1/132; 4/432
- Лантаноиды** 1/131; 2/564, 1111, 1145, 1219, 1229, 1230; 3/96, 409, 566, 949, 955–961; 4/156, 157, 192, 570, 1054; 5/23, 298, 694, 703. См. также **Лантан**, **Редкоземельные элементы**
- гидриды** 1/1081; 2/1145
- карбонаты** 2/637, 1145, 1146
- оксиды** 1/1035; 2/1146; 3/89, 699; 4/438, 586, 587
- определение** 1/381, 615, 763; 2/710, 1090; 3/124; 4/436, 936
- органические соединения** 2/1147, 1146, 1148; 3/713
- получение** 2/87, 518, 519, 1146; 3/89, 413; 4/436, 559, 1165; 5/826, 827
- применение** 1/331, 1063; 2/1146, 1249; 3/497; 4/436
- свойства** 1/833, 1015; 2/176, 243, 376, 383, 564, 920, 1145, 1146; 3/88, 97, 98, 288, 949, 1093; 4/431, 432, 513, 571, 605, 606, 813
- сжатие** 1/132; 4/432
- цирконаты** 5/761
- Лантанозид** 3/472
- Лантозид С** 1/1130
- Лапласа уравнения** 2/611, 955; 3/1171

- Лаппаконитин 2/171, 172
Лапрол 4/31
Лариниды 2/468, 1148
Ларгактил 1/234
Лариксатетат 2/284
Лариксол 2/1148, 284
Лармора прещесия 2/77; 3/31
Лароксил 1/274
Лассара паста 4/569
Лассеня проба 2/1148
Лассо, гербицид 1/1029
Латекс(ы)
вспенивание 3/328
вулканизация 1/846
высокодисперсные 2/153
гидрофобность 1/1111; 2/817
губка 4/129
дилатансы 2/111
искусственные 1/788; 2/837, 1149, 1150
клен, см. *Клеи синтетические*
коагуляция 1/1213; 4/886
краски, см. *Водоземulsionные краски*
крашение 2/1003
натуральный 2/1148, 703, 1149; 4/129; 5/565, 949
пленки 3/1136
синтетические 2/1149, 99, 187, 631, 806, 837, 996, 1150, 1151, 1319; 1/621, 646, 716, 719, 720, 788–790, 865, 1001; 3/284, 326, 327, 376, 646, 1227, 1233, 1265; 4/57, 129, 1013, 1139; 5/204, 565, 571
смещение 4/734
Латексификация фотоизображения 5/456
Латеральная диффузия 3/52
Латинжеровский полиацетилен 3/1216
Латинский квадрат 3/1112
α-Латроксин 5/1046
Латунь 1/343; 2/480, 481, 948, 957, 1330–1333; 3/8, 73, 75, 273, 758; 4/139, 549; 5/257, 371, 750, 909
Лауриламид 2/216
Лаурилпероксид 4/840
Лаурилсульфат 2/619
Лаурилодипропионат 3/712
Лауриновая кислота 2/1151, 215, 216, 301, 643, 644; 1/863, 864; 4/172, 230, 377, 378, 580, 769, 770; 5/26
Лауриновый альдегид 2/215, 216
Лауриновый спирт 2/216; 3/711
Лаурит 3/823, 1132; 4/562
Лаурилодиацид 2/304
Лауроилпероксид 2/1151
Лауссона реактив 3/105
Лаутарит 1/1175; 2/494
Лафферти вакуумметры 1/663
Леблана метод 5/467
Левамизол 2/1151, 427, 1152; 4/220, 225
Леваны 1/323; 5/374
Левоглюкозан 1/1128; 2/226, 1165; 3/1060; 5/664
Леводопа 2/1152, 1162; 1/392; 4/237
Левометилен 2/1152; 1/320
Левона 1/392; 2/1152, 1162; 4/237
Левонимаровая кислота 2/283; 4/740, 741, 1092
Леворин 2/1152, 1153, 1262; 1/321; 4/228
Левулиновая кислота 2/1153, 1164; 1/195, 196, 1101; 4/582; 5/370
Левулоза 5/375
Лёвшина правило 2/1222
Лёвшина–Перрена уравнение 2/1223
Легал реактив 1/437
Легирование 2/1153, 256, 257, 260–263, 320, 321, 947–950, 1071, 1154, 1155; 3/97, 492, 890, 1103–1105; 4/103–105, 114–117, 806, 1006, 1009, 1010, 1270; 5/175, 283, 652, 861. См. также *Имплантация ионная*
Легированные химические элементы 4/806; 5/651, 652
«Легкая вода» 5/395
Легкие вещества (продукты)
газойл 1/920; 2/166, 167, 169, 170, 679, 680, 682; 3/278
каменноугольное масло 2/592, 593
магнезия 2/1248
Легковоспламеняющиеся вещества 1/1175; 3/1187–1189
Лед 1/764–766, 783, 1109; 2/576, 962; 3/145, 164, 226, 1092, 1093; 4/227, 889, 1005; 5/44, 97, 98, 598, 604
Лелебура метод 3/306
Лелебуриг 2/255, 256, 261
Ледяной калориметр 2/577
Ледяные красители 1/77
Лейжандра преобразование 5/955
Лейкарта–Валлаха реакция 2/1155; 1/198, 201, 272; 3/289; 5/1013
Лейко... 2/1155
Лейкобазальт 2/1155
Лейковердазилы 5/219
Лейкоген 2/1155, 1156
Лейкодитиолы 2/178, 179
Лейкозин 2/1144
Лейкоксен 4/567
Лейкомицин 2/1155
Лейконовая кислота 3/723
Лейкопластыри 2/1192
Лейкопоза стимуляторы 2/1155, 1156
Лейкоптерин 4/270
Лейкосапфир 2/222, 1064
Лейкосоединения 2/1156, 79, 114, 440–442, 978, 1057, 1083, 1093–1096, 1155, 1271; 1/133, 352–354, 367, 368; 3/676, 690, 834, 953; 4/72, 648, 649, 1116, 1129; 5/529
Лейкотриены 2/1157, 875, 1158, 1177, 1188, 1194; 3/396; 5/801
Лейкоцитарный интерферон 2/486
Лейкохизин 5/521
Лейцин 2/1158, 232, 249, 1159, 1298; 1/415, 477, 482, 1013; 3/175, 582, 619, 620; 4/189, 216, 217, 468, 1075, 1119, 1261; 5/518, 1036
L-Лейцинамид 1/394
Лейцин-энкефалин 3/400, 765
Лейциты 4/561
Лекарственные средства 2/1159, 1160, 1161; 3/1230; 5/169. См. также *индивидуальные представители и группы биотрансформация, см. Фармакокинетика*
вяжущие 4/979
мутатогенность 3/2
получение, см. *Фармацевтическая химия*
пролонгированные 4/66; 5/108
разбавители 3/328
таблетирование 4/970
Лекланше элемент 2/1162; 5/918
Лексан 3/1139, 1251
Лексотан 4/1225
Лектины 2/1162, 988, 1163, 1164; 1/418, 1138; 3/51
Лепингит 1/384
Лемонграсовое масло 1/198, 1024; 3/725; 5/773, 1003, 1004
Ленацил 1/1032
Ленгмюра
веса 2/859; 3/260
метод тензиметрии 4/1032, 1033
модель адсорбции 1/56, 57, 59, 60; 2/688, 691, 692; 3/1159
насосы 3/344
уравнение 5/448
Ленгмюра–Блуджет метод 3/261
Ленгмюра–Хиншелвуда механизм катализа 1/1053
Леннард–Джонса потенциал 1/6; 2/301; 3/20, 219, 390; 4/120, 121, 763; 5/72
Ленточные устройства (приборы)
вакуум-фильтры 3/637
веса 1/695, 696
газоанализаторы 1/891
кристаллизаторы 2/1050
мешалки 3/941, 942
питатели 3/1084
сепараторы 3/636
смесители 4/737
сушилки 4/960
транспортёры 1/698; 5/630
фильтры 5/188, 189, 193, 194
экстракторы 5/822, 823
Лентя(а)
гофрированные 3/339
из магнитных сплавов 2/1241
из металлических кристаллов 3/75
липки 2/1192; 3/808, 1244, 1245
Мёбууса 4/858, 1214, 1215
пористые 3/329
Ленинг-333 1/732
Леон 3/1201
Леонит 2/570
Леонтидин 5/525
Лепидокрокит 2/254, 270
Лепидолит 2/1201; 4/555, 556, 838; 5/654
Лепидомелан 4/723
Лепикрон 2/473, 474
Лептидин 5/225
Лептинотарзин 5/1039
Лептозидин 2/973
Лептозин 2/973
Лептокуаре 2/1105
Лептоны 5/868, 930–932
Лесохимический понизитель вязкости 2/227, 1165
Лесохимия 2/1164, 227, 1165, 1166; 3/826; 4/714; 5/664
Лессинга кольца 3/338
Лессирующие пигменты 3/1011
Лестничные полимеры 2/1166, 360, 1014, 1016–1018, 1264; 4/1082; 5/22
Летние масла и топлива 2/166, 167, 170; 3/277, 472
Летучесть 2/1166, 159, 160, 436, 902, 1167, 1168; 1/127, 1170; 4/356; 5/69, 101, 499, 504
Лецитины 2/1296; 4/379; 5/245, 591, 949
Лечебные воды 1/769; 3/170, 171
Ле Шателье–Брауна принцип 2/1168; 1/1215, 1216; 3/427; 5/466
Лешательит 2/1027
Ле Энафа модификация 4/760
Лин–Кесслера уравнение 5/71
Лизы(а) 2/1168, 1169; 3/287; 5/2, 158, 159, 270, 415, 763, 953
аденилатциклаза 1/38; 2/1169
внутримолекулярные 2/365
изоцитратная 2/407
оксалоацетатдекарбоксилаза 3/683, 684; 2/1168
фосфоенолпируват-карбоксикиназа 5/270, 271; 2/1168
фосфоенолпируват-карбоксилаза 3/1083
фумарат-гидратаза 5/415; 2/1169; 4/1261
цистатинонинная 5/767; 2/1169
энолаза 5/953, 954; 2/1169
Либексин 4/230, 231
Либериана
кислоты 2/935
реакция 3/539, 542
Либриум 4/1224, 1225; 5/520
Лигазы 2/1169; 4/810; 5/158, 159. См. также *Синтетазы*
аминиацил-гРНК-синтетазы 1/240, 241; 2/1169
ацетил-CoA-синтетазы 1/434
глутаминсинтетазы 1/1152; 2/1169
пируваткарбоксилаза 3/1083; 2/1170
Лигандообменная хроматография 2/1171, 295, 297, 1172; 1/418, 625; 3/460; 4/392, 424
Лиганды 2/1172, 767, 792–797, 830, 831, 871, 872, 918–920, 924–926, 929, 932, 943, 985, 1035–1037, 1147, 1148, 1288, 1289, 1326–1328; 3/85, 86, 91, 92, 103, 104, 251, 252, 475–478, 493, 494, 599, 759–763, 765, 766, 825, 826, 873–876, 971, 1237, 1238; 4/96–98, 612; 5/440, 441. См. также *Комплексы переходных металлов, Координационные соединения, Металлоорганические соединения*
активация 3/997
взаимное влияние 2/1170, 931, 1171; 4/122
замещение 4/122
изомеризация 2/933; 4/257
изомерия 2/928, 929
перераспределение 2/932
поле, теория, см. *Поля лигандов теория*
стабилизирующие 2/873, 874
хроматография аффинная 1/416, 417; 2/970
– обменная, см. *Лигандообменная хроматография*
энергии связи электронов 4/481–483
эффекты 2/667, 796; 3/736
Лигатоксин А 5/1051
Лигатуры 2/1153, 1154; 3/90; 4/115, 437, 601, 1175; 5/696
Лигнамон 3/201
Лигнин 2/1172, 223, 596, 990, 1173, 1174; 1/1005, 1006, 1111; 3/691; 4/118, 1128, 1223; 5/135, 140, 196, 470, 515, 664, 995
активированный 1/101
Брауна 2/1173
Бьёркмана 2/1173
гидролизный 1/1100–1102; 2/1164
мелкодисперсный 1/1102
метаболизм 3/614–616
молотой древесины 2/1173
сроство к красителям 2/989, 990, 994
сульфатный 3/327; 5/995, 996
сухой 1/1100
термодеструкция 3/1060
щелочной 4/903
Лигиты 1/626
Лигносальфонаты 2/1174, 1175; 1/545, 680; 3/992, 993, 1118; 4/247, 920, 927; 5/208, 672
Лигносальфонаты 2/239; 5/204
соли, см. *Лигносальфонаты*
Лигноцерниновая кислота 4/968
Лигронин 2/1175; 4/342, 399; 5/773
Лидарный газовый анализ 1/916
Лидары 2/1128
Лидлит 4/1268
Лидокаин 2/1175; 3/68
Лидофлазин 4/773, 774
Лизеганга кольца 2/1259
Лизергиновая кислота 2/1176; 4/654
дизитиламид 2/1175, 1176; 5/967, 969
дизитиловый эфир 4/269
Лизергол 5/967
Лизилбрадикинин 2/759, 760
Лизин 2/1176, 81, 232, 365, 634, 654, 857, 970, 1171, 1176, 1193; 1/144, 202, 250, 253, 254, 415, 476, 482, 555, 745; 3/156, 175, 176, 199, 619, 620, 766, 881, 923, 931, 1083; 4/190, 191, 217, 536, 832, 1010, 1260, 1261, 1270; 5/2, 16, 17, 243, 525
Лизин-2,3-аминомуфта 2/365
Лизин-богатые гистоны 1/1124, 1125
Лизин-вазопрессин 1/660

- Лизол 2/18
Лизолсцинт 2/1177
Лизоплазмалогены 3/1096
Лизофастин 3/926, 927
Лизофосфатидилхолин 2/1177; 5/245
Лизофосфатидилэтанолламин 2/1177
Лизофосфатидовая кислота 2/1176, 1190
Лизофосфолипиды 2/1176, 1177, 1188, 1189; 5/269, 272
Лизоцим 2/1177, 1178; 1/339, 471, 472, 1097, 1098, 1126, 1127; 3/928; 5/158
Ликвация 3/1069; 4/593, 709, 807, 835
Ликвидуса линии 2/58–61, 255, 256; 4/842, 1002–1004; 5/99, 176
Ликодин 1/146
Ликоза 5/957
Ликоктонин 2/171, 172
Ликонотин 1/146
Ликопекурин 1/146
Ликопин 2/656–658, 972; 3/407, 1242; 5/647
Липкопид 1/146, 147
Ликоренин 1/223
Ликорин 2/1178, 1179; 1/223, 224, 505; 3/848
Ликофлексин 1/146
Д-Ликоза 3/264, 615, 616
Лилон 3/1201
Линамиды 3/252
Линитрующая стадия реакции 4/723
Линмент 2/254, 255
Линонен(ы) 2/1179, 283, 601; 1/534; 3/58; 4/714, 1092; 5/1004, 1005
Линонит 2/255, 270; 3/1053
Линоновая кислота 2/1179, 16, 20, 305, 371, 544, 969, 989, 1180, 1211, 1273, 1294; 1/333, 554, 558, 611, 1136, 1144; 3/57, 700, 811, 1083, 1089; 4/299, 397, 582, 699, 1109, 1212; 5/39, 160, 297, 305, 410, 453, 773, 774, 833, 1001
солн и эфиры, см. *Цитраты*
Линонное масло 2/598, 1179; 3/725; 5/1003–1006
Линонокислота брожение 1/611
Лимфокины 2/428
Линилацетат 2/237, 1180; 5/1004
Линалоилпропанонат 4/207
Линалоол 2/1180, 116, 237; 1/185, 1024; 3/178, 432, 1089; 4/1093; 5/801, 1000, 1004–1006
Линдан 1/337, 997
Линделофин 3/1082
Линдемана схема 3/257, 258
Линдсена фактор 3/1063
Линдлара катализатор 3/396
Линейная передача энергии 2/499, 501
Линейное сочленение циклов 1/372
Линейно-кристаллические полимеры 2/1266
Линейные дефекты в кристаллах 2/50–53
Линейные полимеры 1/857, 858, 861, 873, 1001; 2/15, 571, 572, 1016, 1017, 1236, 1265, 1266, 1327; 3/742, 1245–1248, 1255, 1262; 4/81, 663, 848–852, 856, 857; 5/385
Линейные схемы органического синтеза 3/793, 794
Линейные ускорители заряженных частиц 2/502, 503
Линетол 3/397, 730
Линин
азеотропов 1/66–69
Кикучи 5/894
ликвидуса в солидуса 2/58–61, 255, 256; 4/842, 1002–1004; 5/99, 176
рабочая и равновесная процесса 2/1305–1307; 5/465
ротаторно-конвейерные 4/541, 542
спектральные 2/328–330; 4/472; 5/887, 888, 1024, 1025, 1029
Линименты 4/383
Линкомидин 2/1180, 1181; 1/321
Линмент 2/819, 820
Линолевая кислота 1/64, 863–865, 1085; 2/303, 306, 307, 660, 1215; 3/303, 395–397, 659, 1186; 4/378, 382, 527, 744, 903, 977; 5/26, 551
Линоленовая кислота 1/863–865; 2/303, 306, 1212; 3/303, 395–397, 1186; 4/378, 382, 744, 903, 977; 5/551, 951
Линолеум 1/635; 2/16, 1210, 1318, 1319; 3/38, 437, 632, 906, 1234; 4/738; 5/25, 26, 62
Линурон 1/1030, 1031
Лингелин 1/1001
Линозиды 2/331, 332
Линон-ноны 1/1097
Липотропное действие 2/1181; 3/162
Липотропные рабы 2/1181, 287, 289; 3/162, 1209
Липофильность и липофобность 2/1181, 153–156, 331, 332, 608, 816, 817, 859, 860, 1001, 1182–1184; 1/1110, 1111; 3/163, 184, 185, 921, 1162, 1163; 4/884, 885, 967; 5/63, 171
Липофобность, см. *Липофильность и липофобность*
Липазы 2/1184, 304, 305; 1/1097, 1098; 3/283; 4/721
Липантил 1/1118
Липидные везикулы 2/1199, 1200. См. также *Липосомы*
Липидные зонды 2/1184, 1185, 1190, 1228; 4/304, 968; 5/770
Липидный бислой 2/1186, 241, 1177, 1187, 1189, 1190, 1199, 1200; 1/560; 3/51, 52
Липид-обменивающие белки 2/1187, 1188
Липидолит 4/723, 724
Липидпереносщие белки 2/1187, 1188; 1/483, 484
Липиды 2/1188, 232, 1171, 1189–1191; 1/550; 3/270; 4/1226; 5/151, 245, 246, 269, 422
А 1/1137
алкилфосфолипиды 1/165
альдегидогенные 3/1095, 1096
аннулярные 3/52
бислой, см. *Липидный бислой*
везикулы, см. *Липосомы*
вирусов 5/269
гликозилглицериды 1/979, 980; 2/1189
глицериды 1/1130, 1131, 1137; 2/1188, 1189
глицерин 1/1137; 2/1188, 1189
глицеринфосфолипиды 1/1139, 1140, 1191; 2/1189
дольные 2/141, 143, 1188, 1189; 5/273
жиры, см. *Жиры животные*
зонды, см. *Липидные зонды*
нмнмугенность 1/323
как гаптены 2/188
каучуков 2/287, 703
коацерватов 2/819
комплексы с белками, см. *Липопротенины*
— пептидами, см. *Липопептиды*
лизофосфолипиды 2/1176, 1177–1179
масла, см. *Растительные масла*
мембранные 1/715; 5/243, 244. См. также *Биомембраны*
метаболизм 1/483, 484, 1097; 2/1191; 3/198, 611, 617, 618, 621–623, 845, 975. См. также *Гликоциклический цикл*, *Трикарбонных кислот цикл*
метки, см. *Липидные зонды*
мннорные, см. *Липополисахариды*
нейтральные 2/969, 1188, 1189, 1191
ненасыщенные 1/751; 3/578
плазмалогены 3/1095, 1096; 1/165; 2/1188
простагландины 4/209, 210–213; 2/1188
стерны 4/859, 860, 861; 2/1188
сфинголипиды 4/967, 968; 2/1188–1191
фосфоглицериды 5/268, 246, 269, 270, 272, 273; 2/1188–1191; 4/968
фосфолипиды, см. *Фосфолипиды*
церамиды 5/692, 693
цереброзиды 5/693, 692; 1/1137; 2/1189–1191; 3/49
эйкозаноиды 5/801; 2/1188, 1191; 4/219
Липидол 4/478
Липидные материалы 2/799
канфоль 2/802
клен-пленки 2/801
ленты 2/1192, 808, 809; 3/1244, 1245; 4/444
Липидное уравнение 3/1171
Липоаминнокислоты 5/243, 244
Липовая кислота 2/1192, 171, 968, 969, 1193, 1194; 1/750; 4/634, 1122
Липоксигеназы 2/1194, 1158
Липоксинны 2/1157, 1158, 1194
Липолит 1/1154; 2/578, 696
Липомид 2/812
Липооксидазы 2/305
Липопептиды 2/1195, 1188, 1196; 3/930
Липопептин А 2/1195
Липопептиды 3/924, 926
Липопероксиды 3/396. См. также *Простагландины*
Липополисахариды 2/1196, 477, 1197, 1198; 1/324, 553, 1137, 1154; 4/35, 36, 38; 5/396
Липопротениллизин 1/1119; 2/812, 1184. См. также *Липопротенилилаза*
Липопротенины 1/470, 474, 1117–1119; 2/812, 1198, 1199; 3/927; 5/772, 773, 949. См. также *Липопротенины*
Липопротениллизин 2/1198, 1199. См. также *Липопротенилилаза*
Липопротенины 2/1198, 819, 1184, 1199; 3/483, 484, 555, 1132; 4/163, 927; 5/269. См. также *Липопротенины*
Липосомы 2/1199, 422, 858, 860, 1187, 1120; 1/560, 561; 5/245, 246, 269
Липотейковые кислоты 1/1131; 4/1010
Липотриены 2/1157, 1158
Липотропин 2/1200, 1201; 3/37, 399, 765, 766
Липотропный гормон, см. *Липотропин*
Липофильность 4/901
Липофундизин S 2/1078
Липофундизин 3/578
Липидное уравнение 5/845, 846
Липидинт 1/1086; 2/596
Липидобнолыты 2/703; 4/579
Липонин 1/1030
Липостовые материалы
дельта-древесная
лубяные волокна 1/800–802
стекло 4/835–838
Липтейная лихорадка 5/750, 752
Липтейные материалы
кокс 2/839
крепителя 2/227, 1165, 1174, 1215; 3/894
сплавы 1/216–218; 2/250, 256, 257, 1249, 1250; 3/497; 4/806; 5/618, 752, 753
шпикеры 2/735, 737
Липит 2/1201; 1/768; 3/849; 5/937. См. также *Щелочные металлы*
азид 1/72
аланат 2/1204, 1205; 5/380
алкоголяты 1/166, 168, 169; 5/971
алюминаты 1/205, 206; 2/1202, 1204, 1205
алюминийгидрид, см. *Литийалюминийгидрид*
алюмосиликат 3/165
амальгамы 1/223; 2/392
амид 1/231
аминны 3/308, 658
антимониды 1/331, 332
аргентид 2/1201
арсенаты 1/382, 383, 950; 3/307
бораты 1/777; 3/979, 980; 5/400
борогидриды 1/579, 591, 592; 2/1205; 3/1075
бромид 2/411; 3/247; 4/558
галогениды 2/1203; 3/187; 4/559
германат 5/862
гидрид 2/1205, 243, 342, 343, 589, 647, 722, 723, 1201–1203, 1206, 1234; 1/965, 1079, 1080
гидроксид 2/1205, 566, 1201–1203, 1206, 1208, 1209; 1/1093; 3/971, 972, 1055; 4/556; 5/655
гипохлорит 1/1121, 1122; 5/554
дейтерид 2/25, 1205
дихальциданад 1/670
интерметаллиды 2/481, 1201
нодид 4/976
карбид 2/624, 1201, 1206
карбонат 2/1206, 733, 1201, 1202, 1207–1209; 4/269, 556, 838; 5/655
купрат 2/1329, 1331
манганаты 2/1277
меркурин 2/1201
непунаты 3/424
ниобат 2/1206, 209, 222, 1207; 1/136–138; 3/489, 776, 777, 970; 4/608
нитрат 1/1207, 1206; 1/918
нитрид 2/1201, 1202, 1205; 3/509
озониды 3/658
оксиды 2/1207, 733, 800, 1202, 1205, 1206, 1209; 3/165, 698, 699, 973; 4/193, 333, 584, 585, 587, 706, 707, 836–838
определение 1/763; 2/566, 710, 1202; 4/833, 1221; 5/335
органические соединения 2/1203, 36, 110, 182, 248, 337, 376, 581, 621, 622, 632, 645, 647, 673, 746, 920, 921, 1147, 1204, 1288, 1289; 1/203, 374, 391, 430, 631, 632, 636, 752, 824, 947, 987; 3/9, 80–82, 349, 350, 700, 761, 763, 804, 825, 831, 832, 874, 876, 914, 1040, 1043, 1050, 1130; 4/197, 468, 539, 641, 729, 873, 912, 933, 946, 976, 1122, 1133, 1157, 1159, 1185, 1222, 1258; 5/131, 165, 241, 259, 265, 266, 277, 311, 312, 414, 634, 711, 712, 732, 735, 738, 785, 905, 1000
пероксид 2/1205, 1207; 3/971–973
пероксосоливат 3/971
перхлораты 2/1207, 1208, 1327; 1/1098; 3/360, 987, 988, 990, 1215, 1216; 5/862, 863
плюмбит 2/481
получение 1/1019; 2/1202; 3/90, 413, 1069, 1193; 4/681, 724; 5/205, 651, 923, 926
препараты, см. *Психотропные средства*
применение 1/214–216, 973; 2/961, 1153, 1202; 3/301, 303, 1124, 1125; 4/673, 1175; 5/487, 488, 802, 879, 920
свойства 1/310, 406, 411, 531, 632, 787, 833, 869, 948, 964, 972, 973, 1015; 2/90, 182, 189, 282, 376, 385, 392, 477, 504, 505, 564, 645, 647, 673, 767, 1077, 1181, 1201, 1202, 1204, 1206; 3/26, 73, 88, 98, 99, 349, 372, 439, 955, 957, 1092, 1093; 4/152, 318, 336, 431, 435,

- 584, 813, 820, 836, 848; 5/568, 797, 798, 890, 1019, 1022
селенид 4/617
силикаты 4/676, 723, 724
силнцнды 3/76; 4/684
сплавы 2/715; 4/556, 809
сульфаты 2/1208, 829, 1202, 1205, 1206, 1209; 1/1093; 3/361, 1078; 4/284; 5/217
сульфид 2/1201, 1202, 1208; 4/910
сульфит 4/921
танталат 2/1208, 222; 1/136–138; 3/777; 4/985
теллурид 4/1022
тетрахлоропалладат 5/439
тиоцианат 5/546
титанаты 4/585, 587
трифиды 5/4
фенолаты 2/864; 3/693
феррит 5/163
фосфаты 2/571; 3/732; 5/247, 249, 251, 252, 281, 408, 862
фториды 2/1208, 220, 255, 492, 510, 1042, 1062, 1123, 1208, 1209, 1227; 1/137, 285, 589, 833, 1114; 3/90, 392, 394, 774, 776; 4/1030; 5/393
фторометаллаты 1/540; 2/547; 3/751; 4/436
хлорат 2/1207; 5/560
хлорид 2/1209, 28, 29, 199, 583, 1022, 1202, 1205–1207; 1/339, 647, 656, 754; 3/103, 108, 309, 682, 721, 1055, 1204, 1209, 1210, 1217; 4/60, 539, 558, 559, 752, 877; 5/546, 657, 858
хлорит 5/564
хлорометаллаты 2/1209; 4/437
цианид 3/187, 392
цинкид 2/1201
Литийалюмогидрид 2/1204, 10, 21, 26, 68, 89, 115, 135, 173, 326, 379, 506, 645, 744, 913, 986, 1009, 1022, 1102, 1138, 1142, 1148, 1205; 1/220, 230, 389, 441, 514, 529, 538, 589, 620, 833, 994, 1079, 1083, 1147; 3/112, 308, 309, 384, 502, 506, 515, 518, 527, 532, 553, 557, 665, 673, 679, 680, 739, 757, 762, 795, 804, 977, 1229; 4/43, 66, 201, 270, 539, 548, 595, 596, 671, 803, 805, 866, 898, 913, 925, 926, 933, 937, 1100, 1139, 1145, 1159, 1160, 1166, 1167, 1204, 1251; 5/10, 87, 115, 125, 130, 133, 141, 219, 263, 277, 414, 427, 433, 747
Литийские смеси 3/399
Литография 5/67
Литол 2/1209, 901; 1/345; 3/1125
Литопон 2/1209, 356, 1003, 1210; 1/460, 462, 774; 3/1011, 1012; 4/911; 5/755
Литосфера 1/399, 553, 1109; 2/789; 3/849, 851
Литотрофы 3/624
Литофильные химические элементы 1/1015; 3/99; 4/710
Литохимический поиск полезных ископаемых 1/1016
Литохлорная кислота 2/278
Литрекс 3/1139
Литы 3/144
без давления 4/10
каменное 2/418; 4/681
под давлением 2/867; 3/94, 1120, 1213, 1249, 1254; 4/5, 6, 40, 41, 44, 165, 542; 5/87
с наложением механических колебаний 4/6
с предварительным сжатием 4/5, 6
с прессованием 4/4, 5
шликерное 2/735, 879; 4/140
Ливуилля уравнение 2/719; 3/205
Лифт-реакторы 2/32, 678, 681–683
ЛКАО-приближение 2/1210, 794, 1211; 3/235, 467, 780, 781, 783, 787; 4/119, 120; 5/361, 643, 648, 875
Лобелин 1/291, 292; 3/1030, 1047; 5/593
Лобри де Брюйна – ван Экенштейна реакция 2/1211; 3/267
Ловушки для захвата носителей заряда 2/1062; 4/1075, 1076
для очистки стоков 3/858
каплеуловителя 2/613
спинные, метод 4/795, 304, 796, 1123, 1139; 2/754; 3/541, 546, 549, 983
центры светочувствительности фотоматериалов 5/328
Логанн 1/145
Лойрен 3/1139
Локализация молекулярных орбиталей 3/236, 237, 781–783; 5/876
Локальная коррозия металлов 2/954, 955; 5/907
Локальная симметрия молекул 4/690, 691
Локально-нежесткие молекулы 3/393
Локальные системы автоматического регулирования 1/22–25
Локальный анализ 2/1212, 1213; 1/292, 295; 5/497
изотопный 2/1318
нонный 2/511, 512; 3/431
лазерный 2/1121, 1122, 1311, 1318
масс-спектральный 2/1121, 1311, 1318; 3/431
микроспектральный 4/777
неразрушающий 3/431
распределительный 5/104, 105
рентгеновский 3/161
электронно-зондовый 5/877–880
Локанты 1/141. См. также *Номенклатура химическая*
Лола, волокно 4/1082–1084; 5/22
Лоллидн 3/1082
Ломоносова закон 3/412; 4/772, 773, 866; 5/106, 508
Ломоносова–Лавуазье закон 3/412
Ломонтит 5/681
Ломустин 4/234
α-Лонгипинен 4/660
Лонгифолан 4/660
Лонгифолан 4/659, 660
Лонгипинен 4/659, 660
Лондона уравнение 2/147; 3/17
Лондона–Гайтлера метод 5/461
Лондона–Эйринга–Поляни–Сато метод 3/1178
Лондейллит 2/832; 4/23; 5/42, 43, 413
Лонтрел 1/1029
Лопарит 2/243, 1145; 3/409, 490, 969; 4/156, 434, 435, 561, 570, 1184; 5/23, 965
Лопастные устройства мешалки 3/941, 942
расосы 3/340, 341
ротаторы 3/1143, 1144
Лоразепам 4/1225
Лорана кислота 3/382
Лорандит 4/972
Лоренца линии спектра 5/887, 888
Лоренца–Лоренца уравнение 2/207; 4/514, 515
Лоренца–Максвелла уравнение 5/868
Лоссена расщепление 2/1213, 1214
реакция 2/1213, 405, 1107, 1214; 1/272, 1091; 4/610
Лоуренсий 2/1214; 1/131, 132; 3/958, 961
Лопин 2/1218
Лощмидта постоянная (число) 2/1214
Л-реактив Вудворда 1/840
ЛУ, волокна 5/49
Лубелл 4/49, 50
Лубяные волокна 1/800–802; 5/662
Лудигол 1/80; 3/528
Луешит 3/489
Луженне 1/976
Лукалос 3/774
Луковил 3/1232–1235
Лумиррор 3/1139
Люо–Бенсона шкала 5/897
Лупанн 5/525
Лупетидины 2/1214
Лупиния 5/524, 525
Лупиновая кислота 4/274, 275; 5/524, 525
Лураи, см. *АБС-пластик*
Лурти метод 1/879; 4/697
Лутеосоли 2/821
Лутидиновая кислота 2/1215
Лутидины 2/1214, 407, 591, 1215; 3/110, 884, 1019
Луцидлин 1/146
Лучепреломление двойное 2/292, 739, 859; 4/125; 5/539
Лучистый колчедан 2/265
Лучистый теплообмен 4/1043–1048
Льдообразующие вещества 4/227
Льезская номенклатура 3/572
Льняное масло 2/1215, 208; 1/563, 866, 1208; 3/302, 304, 741, 749, 1210; 4/377–381, 383, 713
Льняные волокна 1/800–802; 2/324, 992, 1093; 3/998; 4/1130
Льюиса активные центры 1/1056; 2/664; 5/679, 680
кислоты, см. *Льюиса кислоты*
правило 2/1168
прибор 5/833
теория цветности 5/651
число 2/1257
Льюиса кислоты 1/34, 360, 442, 578, 595, 604, 639, 652, 717, 824, 938, 947, 950, 953, 960; 2/74, 214, 281, 325, 525, 638, 697, 779, 780, 782, 811, 812, 887, 888, 930, 933; 3/125, 285, 495, 528, 545, 680, 684, 685, 738, 838, 933, 936, 1024, 1090, 1246; 4/61, 169, 170, 914, 947, 982, 1108, 1122, 1167, 1205; 5/7, 136, 142, 197, 224, 367, 372, 384, 903, 964. См. также *Алюминий, хлорид; Бор, трифторид; Железо, хлориды; Протоний; Сурьма, галогениды*
и основания 1/275; 2/778–780, 782, 783, 1089; 4/746, 1107. См. также *Аммиак*
как агенты допирющие 3/1215
– – сдвигающие 4/605
– – сшивающие 4/969
комплексы молекулярные 1/1071
– с нитрокислотными радикалами 2/873
Льюиса–Косселя теория 5/463
Льюиса–Рейдалла правило 2/7
Льюиса–Уитмена модель 2/1304, 1305
Любимин 5/196
Лювикан 3/1226
Люголя раствор 1/338, 340
Людвигит 1/587
Людномил 1/325, 326
Люзит 2/1215, 1216; 1/328, 429; 3/315, 845, 846; 5/501, 502
Люковил 1/725
Люмазин 4/270
Люмиколхицины 2/862
Люминал 2/205; 3/281; 4/742
Люминесцентные индикаторы 2/1216, 446, 448, 449, 452, 1217, 1218, 1227, 1228; 4/530, 569; 5/957. См. также *Люминесцентные приборы, Люминесцентный анализ, Люминесценция, Люминофоры*
Люминесцентные приборы 1/889, 890; 2/291, 292; 4/627, 948
Люминесцентный анализ 2/1218, 50, 292, 1219, 1228; 1/42, 133; 3/272; 4/397, 530, 945, 982, 1209; 5/77, 147, 149, 150, 172, 284, 335, 610, 867. См. также *Люминесцентные индикаторы, Люминесцентные приборы, Люминесценция, Люминофоры*
Люминесценция 2/1219, 702, 1129, 1220–1224, 1227; 3/167, 241, 823; 4/299, 329, 876, 877, 977; 5/66, 893, 966. См. также *Катодолюминесценция, Кристаллофосфоры, Рентгеновская спектроскопия, Хемиллюминесценция*
и анализ веществ, см. *Люминесцентный анализ*
и дефектоскопия 3/837
и мультиплетность 2/727, 1220
и спинные эффекты 2/1239; 4/789, 790
и центры окраски 5/678
индикаторы, см. *Люминесцентные индикаторы*
квантовый выход 2/727, 1220–1224; 3/769
кинетика 2/1223
молекулярная 2/1220, 1221
поляризация 2/1223, 1224
при нагревании, см. *Термолюминесценция*
применение, см. *Люминофоры*
спектры 2/1218–1222; 3/230
спонтанная 2/1220; 4/299
тушение, см. *Тушение возбужденных состояний*
ферментативная 2/1219
Люминол 2/1224, 1217–1219; 1/1073; 4/397; 5/148
Люминометрическое число 2/1224, 1225
Люминофоры 2/1225, 50, 157, 220, 1208, 1209, 1220, 1224, 1226–1228; 5/24, 444, 658, 751, 752, 754–756
активные 4/598
излучательная рекомбинация 2/702, 703
изоморфное замещение 2/371
неорганические 1/672, 679, 875, 1036; 2/157, 545, 547, 548, 1146, 1225; 3/418; 4/192, 617, 619, 875, 877, 911, 943, 948, 1055, 1075, 1076. См. также *Кристаллофосфоры*
органические 1/134, 524; 2/1083; 3/675, 953, 1035
постоянного свечения 4/300
сцинтилляторы 4/329
Люмиферосин 4/537
Люмифером 4/523
Люмогаллий 2/1218; 4/397
Люмогены 1/87; 3/704
Люмомагнетон 2/1218
Люрекс 3/74
Люсайт 4/22
Люстраи, см. *АБС-пластик*
Люстрекс 4/40, 41
Лютиен 2/656–658
Лютиенизирующий гормон 2/1228, 1229; 1/39, 1047, 1163, 1172, 1173; 3/401; 5/218, 605, 606
Лютеурион 4/653, 1169
Лютеолин 5/200
Лютеций 2/1229, 222, 545, 546, 1147, 1230; 3/78, 958, 961; 4/432–434, 438; 5/24, 163, 937
Лютриген 4/28
Лютропин 2/1228, 1229
Люттара–Шилова теория 2/756
Люттиген 2/1230, 1218, 1219; 1/112; 4/397
Лютифераза 1/42; 5/150, 151
Лютиферин 1/42; 5/150
Ляпис 4/636
Ляпис-лазурь 5/62
Лященко число 3/1184

М

Мавеловая кислота 4/713
 Магнетит 2/254
 «Магическая» кислота 2/784
 «Магические» значения атомного номера 3/962
 угла 5/1029
 числа кластерных валентных электронов 2/793
 Магматические породы и процессы 1/1015, 1018, 1019; 3/1193; 4/560, 680
 Магнелии 1/214, 215
 Магнетиоферрит 5/788
 Магнетиохроит 5/633
 Магнетит 1/773, 871, 900; 2/637, 639, 734, 1234, 1235, 1247; 1248; 3/650, 1001, 1003; 4/565, 838. См. также *Магнетизм*
 Магнетизм. См. также *Магнетит*
 алюмосиликатная 4/844, 846–848
 жёная 2/511, 1233, 1246–1248. См. также *Магний, оксиды*
 каустическая 1/871; 2/1248
 материалы, вяжущие 1/870, 871; 2/1246, 1248
 – железистые слюды 4/723, 724
 – известь 2/349
 – керамика 2/734
 Магнетоны 2/1231, 1235
 Магнелии фазы 1/679; 4/1178
 Магнетизирующий обжиг 3/634, 1068
 Магнетит 1/359; 2/254, 268, 270, 274, 962; 3/165, 167, 631, 633, 636, 698, 823, 1000; 4/559–561; 5/788
 Магнетометры 2/1238
 Магнетон
 Бора 2/1238, 1244; 4/997; 5/868, 886
 ядерный 2/1244; 5/1032
 Магнетопломбит 5/163
 Магнетохимия 2/1231, 1232, 1237, 1238, 1244, 1245
 Магнетронное распыливание 3/324
 Магнетическая жесткость воды 1/771; 2/282, 283
 Магнетические удобрения 2/1232, 1233, 1247
 Магнетизация 3/88, 90; 4/1174, 1220; 5/656, 765
 Магний 2/1233, 789; 1/768, 769, 1018; 3/849; 4/782; 5/54, 56, 936, 937
 аквакомплексы 2/1235
 алюминат 1/206; 2/510; 3/774
 амальгамы 1/222, 223, 436; 3/1026
 аминия 2/1248
 арсенат 1/383
 бораты 1/581; 2/1233; 3/371, 979
 бориды 1/583; 2/1234
 бромат 2/1227
 ванадат 1/671
 вольфрамат 1/821, 823
 галогениды 2/1245, 37, 38, 210, 572, 674, 1112, 1226, 1233–1235, 1245, 1246; 1/339, 342, 852, 871, 950, 1078; 3/88–90, 165, 255, 608, 609, 690, 774, 776, 801, 1069; 4/358, 726, 744–746, 835, 838, 985, 1174
 германаты 1/1035, 1036, 1041
 гидриды 1/220, 591, 1081, 1082; 2/1234, 1236; 3/1075
 гидроксид 2/1246, 282, 350, 625, 1234, 1235, 1247, 1248; 1/771, 773, 853, 922, 1093; 3/108, 972; 4/42
 гранат 1/1035
 интерметаллиды 1/331, 332, 734, 735, 1037; 2/335, 477, 478, 480, 481, 483, 484, 486, 1201, 1234; 3/308, 753; 4/99, 601, 943
 карбиды 2/624, 625, 1234; 3/108

карбонат(ы) 2/1246, 240, 256, 348, 568, 637, 639, 1233, 1234, 1246–1248; 1/333, 1036, 1078; 3/276, 360, 624; 4/673
 метаболизм 1/550; 3/176–178, 241, 623, 624
 нитрат 2/1247, 1248; 1/282; 3/505; 4/746
 нитрид 2/1234; 3/509; 5/52
 озонид 3/658
 оксид(ы) 2/1248, 126, 200, 348–350, 511, 664, 674, 677, 733, 734, 736, 737, 770, 800, 1083, 1233–1235, 1245–1247, 1250, 1251; 1/453, 871, 900, 944, 1036, 1056, 1141; 3/88, 89, 165, 324, 564, 649, 650, 676, 698, 699, 708, 774, 775, 823, 972; 4/72, 82, 131, 161, 333, 444, 567, 588, 621, 668, 706–708, 724, 836–838, 846, 977, 1174, 1233; 5/44, 143, 199, 291, 552, 559, 572, 786, 986. См. также *Жёная магнетизм*
 определение 1/38, 39, 121, 615; 2/451, 710, 870, 1090, 1218, 1231, 1235; 3/113, 124, 272, 1058; 4/472, 833, 936; 5/19, 335
 органические соединения 2/1236, 70, 71, 235, 337, 440, 480, 483, 484, 486, 532, 533, 622, 632, 645, 746, 830, 1024, 1234, 1235, 1237, 1248, 1288, 1289; 1/149, 150, 168, 251, 389, 430, 922, 947, 987, 1094, 1152, 3/9, 48, 79–82, 91, 92, 108, 111, 285, 314, 325, 349, 350, 371, 378, 477, 514, 516, 545, 557, 680, 713, 760, 761, 786, 826, 914, 978, 1016, 1026, 1038, 1043, 1050, 1074, 1078, 1130, 1227, 1229; 4/172, 450, 468, 512, 596, 699, 712, 713, 803, 833, 853, 938, 946, 976, 986, 1135, 1159, 1185, 1191, 1258, 1270; 5/137, 222, 712, 735. См. также *Гриньяра реактивы, Ивановы реактивы*
 перхлорат 2/1248, 242, 1249; 1/898, 990; 4/158
 птититы 3/1088
 полимеры 5/617
 получение 1/1021, 1109; 2/32, 1235, 1246, 1247, 1295; 3/89, 90; 4/557, 820; 5/406, 651, 855, 895, 923, 926
 применение 1/832, 1192; 2/87, 257, 615, 801, 878, 880, 1171, 1181, 1227, 1232, 1233, 1235, 1240, 1247, 1253; 3/301, 303, 911; 4/342, 875, 1246; 5/712, 908, 920. См. также *Магнетизм*
 свойства 1/567, 832, 948, 950, 965, 1015, 1202, 1203, 1215; 2/189, 210, 282, 283, 639, 642, 767, 967, 1154, 1155, 1201, 1234, 1235, 1237; 3/57, 74, 88–90, 97, 99, 112, 125, 169, 326, 439, 822, 874, 955, 957, 958, 1069, 1075, 1144; 4/316, 349, 350, 352, 435, 481, 575, 593, 594, 668, 710, 813, 875, 916, 1057, 1109, 1178; 5/16, 77, 243, 268, 270, 271, 575, 724, 740, 998, 1020
 силикаты 1/337, 801; 2/370, 587, 962, 1233; 3/165, 360, 837, 970; 4/674–678, 680; 5/407, 408, 681
 силициды 2/478, 1009, 1234; 3/76; 4/671, 683, 684
 сплавы 2/1249, 310, 548, 580, 736, 801, 878, 880, 949, 1112, 1124, 1146, 1153, 1154, 1202, 1235, 1250, 1288, 1333; 1/214–218, 936; 3/75, 82, 100, 410, 695, 696, 822, 1075; 4/114, 436, 668, 712, 876; 5/400, 451, 696, 752, 753
 сульфат(ы) 2/1250, 199, 560, 562, 563, 570, 1233, 1234, 1245, 1251; 1/871, 900, 956; 3/360, 552, 978;

4/720, 745, 746, 904, 1149, 1194; 5/552
 сульфиды 2/962, 1234; 4/106, 585, 910, 911
 сульфиты 1/900; 2/1174; 4/119, 920, 921
 титанаты 3/1012; 4/491, 1184
 уранаты 5/83
 феррит 2/734; 5/163
 фосфаты 2/1233, 1235; 3/172, 367; 4/941; 5/250–252, 305
 фосфид 5/258, 416
 хлорат 2/53, 960; 5/560
 хлорид 5/551, 854
 хроматы 5/630–633
 цианид 5/703
 Магнитные материалы 2/1239, 1290; 3/91, 418, 629, 633; 4/875, 911; 5/165
 диэлектрики 1/407; 2/1240, 1241; 4/142
 железняки 2/270
 жидкости 2/1243, 1244; 5/164
 колчедан 2/265
 ленты 2/255, 273
 мыльные 2/261, 262, 485, 1241
 оксиды 3/699
 оптические 2/1243
 пластики 2/1242
 полупроводники 2/1240
 резины 4/442
 спинные волны 4/789
 сплавы 2/261, 262, 827, 828; 3/483, 695; 4/157, 571, 808, 809, 1055
 твердые 2/261, 262, 1238, 1241–1243
 упорядоченные 2/1239–1243; 3/68. См. также *Антиферромагнетизм, Ферримагнетизм, Ферромагнетизм*
 характеристики, см. *Магнитные параметры, Магнитные эффекты*
 Магнитные методы
 газовый анализ 1/915
 дефектоскопия 2/48
 нейтроннография 3/404
 обогащения полезных ископаемых 3/633–635, 1001; 4/981
 приборы, см. *Магнитные приборы*
 резонансные, см. *Электронный парамагнитный резонанс, Ядерный квадрупольный резонанс, Ядерный магнитный резонанс*
 спинные 4/790–796
 Магнитные параметры. См. также *Магнитные материалы, Магнитные эффекты*
 восприимчивость 2/1237, 328–330, 1072, 1111, 1231, 1232, 1238, 1245; 3/87, 98, 167, 881, 882, 4/583. См. также химические элементы и индивидуальные соединения
 – отрицательная, см. *Диамагнетизм*
 – положительная, см. *Парамагнетизм*
 квантовое число 2/721
 моменты 2/1244, 328–330, 1231, 1232, 1237, 1238, 1245; 5/164, 165, 1032
 – взаимодействие(я) дипольное 3/68
 – сверхтонкие 4/587, 588, 789, 797, 798
 – спин-орбитальное 4/796, 788, 789, 797
 – спин-спиновое 4/797, 788, 789, 798
 – спин-фононное 4/789
 – и симметрия молекул 4/692
 – нейтронов и атомов 3/404
 – электронов, см. *Магнетон Бора*
 – апер, см. *Ядерный магнитный резонанс*
 оптическая активность 5/546

проницаемость 2/293, 485
 Магнитные приборы
 анализаторы газов 1/886, 887
 – жидкостей 2/292, 293
 вакуумметры 1/663, 664
 весы 1/685, 696; 2/1238; 4/587
 датчики давления 2/1284
 для получения суспензий 2/146
 масс-спектрометры 2/1312, 1333
 разрядные насосы 3/344
 Магнитные эффекты
 двойной резонанс 2/1239
 изотопный 2/811, 1238, 1239
 калорический 5/604
 кольцевой ток 1/373, 377, 378
 круговой дихроизм 5/108
 оптические 2/292
 параметры, см. *Магнитные параметры*
 релаксация 4/463
 снятие вырождения, см. *Зеемана эффект*
 спинные 2/1238, 126, 811, 1239, 4/309; 5/458, 459. См. также *Химическая поляризация ядер*
 Фарадея 5/107
 Магнитоны 4/463
 Магнетохромит 5/788
 Маданар 4/237
 Мадрела (Мадрелла) соль 3/367, 368; 5/247
 Маделунга
 константа 2/510
 потенциал 4/482
 Мазеры 3/1239
 Мазут(ы) 2/1251, 32, 166–168, 682, 844, 877, 1106; 3/377, 442–444, 446, 449, 450, 458, 459, 466; 4/461; 5/40
 зольность 2/341
 и смолесто-асфальтеновые вещества, см. *Деасфальтизация*
 как связующее 2/232
 коррозионная активность 1/630
 марганцовые 2/964, 965
 нефтяные 2/964, 965, 1005
 пиротехнический 3/1075
 сланцевый 2/965
 топочные 1/727; 2/964, 965; 3/1001, 1003; 4/1059, 1060
 угольный 2/965
 флотские 2/964, 965
 Майара реакция 3/1090
 Майера–Макмиллана теория 4/367. 374–376
 Майерит 2/582
 Майсенкаймера
 комплексы 1/373; 2/132, 314; 3/555, 557, 560, 563, 604; 4/728, 729
 перегруппировка 2/1251, 1252; 1/243; 4/867
 Майкельсона интерферометр 5/435
 Майлар 3/1139
 Майодил 4/478
 Майолика 1/1125; 2/733
 Майоровое масло 4/271, 1093
 Майтазин 1/302
 Майтанзинолы 1/302
 Майтек 5/86
 Майтотоксин 5/1049
 «Маканье» латексные изделия 2/1149, 1151
 Макарова фазы 2/478; 4/563. См. также *Интерметаллиды*
 Макбал 2/473
 Мак-Бена весы 3/217
 Макки соль 5/903
 Мак-Коннелла соотношение 5/891
 Мак-Коннелла–Робертсона уравнение 4/606
 Мак-Лафферти перегруппировка 2/1252; 5/364
 Мак-Леода вакуумметры 1/662
 Маковое масло 3/302; 4/377–380
 Макроавтордиография 4/326

Макрогетероциклические соединения

- 2/1327
 авермектины 2/468; 4/227
 антибиотик 5/738
 динзоанаты 3/744; 4/49, 50
 кетоны 4/1157; 5/641, 642, 710, 711
 копанмины 4/227
 корриноиды 2/943, 944–946
 красители 2/1253, 981, 1254
 краун-формы, см. *Краун-эфиры*
 криптаиды 2/1035, 522–524, 798, 1036, 1037, 1172; 3/24, 787
 лактонные, см. *Лактоны*, *Макро-лиды*
 мостиковые 5/742–745
 мускусные 3/290–291
 порфирины 4/144, 145–149
 сульфоны 5/745
 фановые, см. *Циклофаны*
 фталоаннины 5/383, 384, 385
 хлорофиллы 5/572, 573–579
α-Макроглобулин 5/17
 Макродекс 2/1078
 Макро- и микрокомпоненты
 в радиохимии 2/1254; 3/583; 4/762
 сосоедание 4/760, 761, 762
 Макрокнетика 2/1254, 755, 1256; 1/1049
 гетерогенно-каталитических реакций 2/689
 диффузионная 2/1259–1261
 и распределение частиц по состояниям 4/832
 и релаксация 4/463
 и теория подобия 3/1181; 1183
 и эволюция иерархических систем 4/1063
 квазигомогенное приближение 2/1257
 нелинейные эффекты 2/1258
 пространственные масштабы и времени 2/1255
 ферментативных процессов 5/156, 157
 Макролиды 2/1261, 34, 522, 1142, 1172, 1262, 1263; 1/320, 321; 3/499; 4/208, 238
 как антибиотик 1/264, 320, 321; 2/1152, 1262, 1263; 3/499; 4/227–230, 1097, 1136
 Макролон 3/1139, 1251
 Макромолекулы 2/1263, 1264–1266.
 См. также *Высокомолекулярные соединения*, *Полимераналогичные превращения*, *Полимеры*
 биология, см. *Молекулярная биология*
 в звуковых полях 5/60, 61
 в моносахарах 3/260
 и мономеры, см. *Макромономеры*
 и олигомеры 3/742
 информационные, см. *Матричные рибонуклеиновые кислоты*
 ноногенные, см. *Полиэлектролиты*
 как матрицы, см. *Матричный синтез*
 комплексы, см. *Полимер-полимерные комплексы*
 комплементарные 3/211; 4/19, 20
 модели 3/228
 молекулярная масса 3/217–219
 мутагены 3/293–298
 полидисперсность 3/220, 221
 получение, см. *Биополимеры*, *Биосинтез*, *Поликонденсация*, *Полимеризация*
 растворы неноногенные 4/78. См. также *Растворы электролитов*
 – полимеров 4/369–371
 – характеристическая вязкость 1/873
 свободновалентные фрагменты, см. *Макрорадикалы*
 сопряженные звенья 3/1225
 спин-меченые 4/790–792
 стереохимия, см. *Конформации молекул*, *Конформационный анализ*
 студнеобразные, см. *Студни*
 функциональность 5/425, 426
 Макромономеры 2/1266, 1267; 3/742.
 См. также *Макромолекулы*, *Мономеры*
 акриловые, см. *Олигомеры акриловые*
 анализ, см. *Функциональность полимеров*
 Макропористые ионообменные смолы 2/1267, 504, 520, 701, 702, 1268; 1/289, 311
 Макроралкалы 2/1268, 230, 231, 432
 Макросетчатые смолы 2/1268
 Макроскопическая константа скорости реакций 1/547
 Макрооброения 5/54
 Макрозлементы 5/54
 Макроэргические соединения 5/953
 Максама–Гилберта метод 3/588, 589, 594
 Максвелла
 жидкости 4/484, 490, 1029
 закон 3/1094; 4/827, 830
 эффект 2/859; 4/125
 Максвелла–Больцмана распределение 1/791; 2/125; 4/826, 827
 Максимальная работа реакции 2/1268, 1269, 1270; 1/762; 4/1071, 1072; 5/505
 Макузин 5/537
 Мак-Фаддена–Стивенса реакция 2/1270
 Малапрада реакция 2/1270, 1271; 3/269, 796
 Малат, метаболизм 3/613, 617, 618; 4/1260, 1261; 5/1015
 L-Малат-гидро-лиаза 5/415
 Маладегидрогеназа 1/474; 2/396, 469; 4/1261
 Малатин 2/471
 Малат-синтаза 1/1142
 Малаты 5/1015
 Малахит 2/222, 637, 1330; 3/4
 Малахитовый зеленый 2/1271, 302, 447, 979, 1156, 1327, 1330; 1/133, 155, 367, 530; 3/181; 4/230
 Маленат, метаболизм 3/613
 Маленатизомераза 2/364, 968
 Малениаты и фумараты 2/1272–1275; 3/839, 1201; 4/1097
 Маленизация жидких каучуков 2/285
 Маленниамиды 1/1098; 3/1079, 1098, 1248, 1249; 4/895
 Маленовая кислота 1/299, 432, 727, 1081; 2/1077, 108, 364, 368, 968, 1274; 3/613, 696, 822, 875, 917, 918, 1201; 4/853, 856; 5/434, 733, 968, 1058
 N-алкиламиды 4/894
 ангидрид, см. *Малеиновый ангидрид*
 гидразид 1/1071; 2/1274; 4/429
 и фумаровая кислота 2/1272, 107, 108, 364, 368, 602, 968, 1152, 1169, 1273, 1274; 1/394, 611, 726; 3/613, 810–812, 875, 1201, 1270; 4/768, 894, 977; 5/60, 1015
 имиды, см. *Малеицимиды*
 как метаболит 1/484
 определение 1/670
 сополимеры 1/725; 2/516; 4/765; 5/204
 эфиры, см. *Малеинаты и фумараты*
 Малеиновый ангидрид 2/1273, 100, 138, 247, 359, 360, 375, 376, 602, 672, 706, 809, 846, 1272, 1274, 1297; 1/69, 151, 153, 199, 476, 512, 513, 528, 543, 628, 633, 638, 644, 652, 858, 1115, 1217, 1218; 3/178, 372, 445, 684, 707, 736, 907, 950, 1043, 1079, 1201, 1227, 1229, 1230; 4/40, 175, 507, 613, 621, 741, 869, 892, 977, 1093, 1097; 5/116, 117, 204, 428–430, 434, 521, 570, 722, 725, 734, 759, 950, 964, 1015, 1058, 1059
 Малениновый альдегид, диацеталь 3/1043
 Малеоилацетоацетат 3/613, 617, 618
 Малеоилацетоуксусная кислота 3/613
 Малеопимаровая кислота 2/602; 4/740–742
 Маллардит 2/1293
 Малликена
 заселенность 3/235; 5/361
 комплексы 3/224, 225
 метод 5/897
 Малонат, метаболизм 3/613, 617–620
 Малонаты 1/197, 980; 4/536; 5/967.
 См. также *Малеиновый эфир*
 Малонилкофермент A 1/555, 556; 3/617, 618; 4/1260, 1261; 5/202
 Малонилмочевны 1/455; 5/84
 Малонилполуальдегид 3/617–620
 Малонилхлорид 2/1274
 Малеиновая кислота 2/1274, 107, 108, 386, 407, 813, 850, 1080, 1294; 1/196, 253, 455, 484, 485, 1163; 3/421, 613, 1059; 4/768, 894; 5/202, 1058
 моноалкиламиды 4/536
 моноамид 5/707
 нитрилы, см. *Малеонитрил*, *Циануксусная кислота*
 эфиры, см. *Малеинаты*, *Малеиновый эфир*
 Малеиновый эфир 2/1274, 112, 205, 647, 777, 1081, 1273, 1275; 1/228, 421, 455; 3/26, 109, 180, 297, 556, 1081; 4/500; 5/121
 Малеонитрил, см. *Малеонитрил*
 Малеонитрил 2/1275, 1274, 1276; 1/980, 981; 3/131, 376; 4/1107–1109; 5/561, 706, 708
 Малоотходные производства 1/467, 468
 Малосернистые нефти 3/444, 466
 Малоугловое рассеяние излучений 2/191
 Мальвинхлорид 1/347
 Мальтены 2/1276
 Мальтин 2/989
 Мальтоза 1/232; 2/31; 3/614, 655, 747; 4/581, 582; 5/150
 Мальтол 2/1276, 1277; 3/1089
 Мальтоотриза 2/31; 3/747
 Мальты 1/562, 564; 3/452
 Малирные краски 2/1278; 3/1011; 5/703
 Маммотропин 4/189, 190
 Маммотропный гормон 4/189, 190
 «Манган» 3/575
 Манганаты 2/1277, 1278, 1287; 3/972.
 См. также *Калий, перманганат*
 Манганин 2/1284, 1332; 3/484; 4/809
 Манганин 2/1285, 1290, 1292
 Манганозит 2/1290
 Манганосен 3/91
 Малидириновое масло 3/577, 725
 Манеб 5/417
 Манкоцеб 5/417
 Маннаны 2/1278, 1279; 1/1006; 4/34, 35
 Маннит 1/575, 1089, 1101, 1147; 2/181, 277, 770, 1078, 1144, 1145, 1164; 3/1090; 4/397; 5/37, 375, 660, 715
 D-Маннит-6-фосфат 3/615, 616
 Маннитол 5/715
 Манниха
 основания 1/312; 2/1279; 3/709, 1081; 4/173, 528, 529; 5/962
 реакция 2/1279, 672, 85, 416, 419, 456, 621, 838, 1280; 1/198, 236, 238, 272, 312; 3/106, 502, 555, 706, 709, 1022, 1079, 1080, 1195; 4/654, 1252, 1255, 1274; 5/220, 222, 379, 783
 Манноза 1/1006, 1131, 1136–1139; 2/367, 368, 1162, 1163, 1211, 1228, 1278; 3/197, 198, 263, 269, 656; 4/35, 190, 215, 1010, 1169; 5/37, 218, 271, 605, 957
 D-Манноза-6-фосфат 3/615, 616
 Маннозидазы 3/198
 D-Маннонат 3/615, 616
 D-Маннопираноза 2/1278, 1279
 Маннопротены 2/1278
 Маннофосфоновозитиды 5/271, 272
 D-Маниуранат 3/615, 616
 D-Маниуроная кислота 1/192; 2/1169; 4/36; 5/93
 Маювакууметры 2/1280; 4/1114
 Маюноксиды 2/1280, 284
 Маюметры 2/1280, 1281–1284; 3/340; 4/1114; 5/88, 89
 Бурдона 4/1032, 1033
 мембранные 2/1283; 4/1032, 1033
 наполнители 2/1175
 ртутные 2/1281, 1282; 4/1032
 Маюол 2/1285
 Марангонн эффект 2/1305; 5/448, 473, 829
 Марассе модификация 2/864
 Марборан 2/347
 Марганец 2/1285, 789, 819; 1/550, 768, 770; 3/170, 575; 5/54, 67, 895, 937
 азид 1/72
 амальгамы 1/223
 антимионат 4/943
 арсенат 1/382
 галогениды 2/1055, 1093, 1285–1287, 1290; 3/89, 90, 1060; 4/757
 гидриды 1/1081
 гидроксиды 2/273, 1287, 1290–1292; 4/188
 интерметаллиды 1/331, 332, 384, 1037; 2/481–483, 1240
 карбонат 2/1289, 216, 637, 639, 1285, 1287, 1290; 1/1053
 карбонилы 2/1289, 362, 641, 642, 1288, 1290
 кобальт 2/672
 нитрат 2/1290, 1287, 1291
 нитриды 2/1286
 оксиды 2/1290, 86, 106, 252, 443, 663, 666, 672, 819, 1001, 1061, 1162, 1234, 1277, 1285–1287, 1289–1293; 1/299, 300, 532, 901, 972, 973, 1044, 1053, 1055, 1057, 1115; 3/168, 364, 368, 377, 526, 545, 559, 690, 695, 698, 969, 972, 975, 1000, 1075; 4/42, 209, 333, 466, 670, 820, 839, 972, 1057, 1116, 1137, 1143, 1145, 1174, 1253; 5/77, 124, 552, 568, 589, 901, 902, 922, 983
 определение 1/120, 505, 615, 739; 2/569, 710, 711, 743, 870, 896, 1090, 1217, 1219, 1224, 1230, 1287; 3/124, 169, 290, 703, 969; 4/397, 936, 1126; 5/335
 перхлорат 3/990
 получение 1/278, 869, 977, 1019, 1021; 2/87, 263, 1243, 1285, 1287, 1289; 3/89, 90, 412, 1193; 4/820, 1057; 5/205, 207, 854, 923
 применение 1/458, 463, 972, 973; 2/220, 870, 1000, 1225–1227, 1240, 1278, 1287, 1288, 1290, 1293; 3/160, 161, 301, 302; 4/544, 669, 670; 5/299, 901, 920
 свойства 1/315, 341, 1015, 1159; 2/334, 639, 670, 767, 967, 1099, 1286, 1287; 3/75, 97, 98, 403, 667, 949, 955, 958, 1069; 4/352, 710, 813; 5/20, 49, 56, 159, 268, 271
 слиятели 2/1285; 4/675, 676; 5/407, 408

- силициды 2/1285–1287; 4/107, 684, 685
соединения диоксигенильные 2/137
– органические 2/1288, 174–176, 203, 603, 651, 923, 1055, 1289, 1290, 1296, 1297; 1/364, 563; 3/62, 83, 349, 526, 713, 749, 787, 1015, 1016; 4/51, 188, 1098, 1148, 1202; 5/384, 417, 935
сплавы 1/214–218, 618, 1039; 2/250, 257, 260, 262, 263, 453, 589, 715, 736, 948, 950, 1153, 1241, 1249, 1288, 1331–1333; 3/15, 482–484; 4/115, 685, 809, 1057, 1174, 1180; 5/61, 164, 198, 199, 753, 902
сульфат 2/1292, 81, 349, 1287, 1291, 1293; 1/341, 667, 922; 5/901, 902
сульфиды 2/1285, 1286, 1290; 4/1039
теллуриды 4/1023
тетрафторборат 5/400
титанат 4/1184
ураты 5/83
феррит 2/734; 5/163, 164
фосфаты 2/1130; 5/249–252
фосфиды 2/1285–1287; 5/256, 257
фториды 5/388, 391, 393
хромат 2/672
цианиды 5/703
Марганцевые гальванические элементы 1/972, 973; 2/1162; 4/544; 5/487, 488
Марганцевые удобрения 2/1293, 870, 1288, 1290; 5/54
Марганцевый ангидрид 1/299, 300; 2/1290, 1291
Марганцоватая кислота 2/1277, 1287, 1292
Марганцоватистая кислота 2/1277, 1287
Марганцовая кислота 2/784, 1277, 1286, 1287, 1292; 3/576
соли, см. *Калий, перманганат; Манганаты*
Марганцовые пигменты (краски)
белый 2/1289
зелень 1/458, 463; 2/1278
синяя 2/1278
Маргарин 4/380, 383, 744; 5/551, 949
Марганиновая кислота 1/863, 864
Марена красильная 1/139
Марикани 2/1175; 3/68
Марнон 2/1027
Марка–Куна–Хувинка уравнение 4/488; 5/813
Мархазит 2/265; 4/972
Марковникова правило 2/1293, 100, 312, 715, 1034, 1107, 1294; 1/715, 722, 723, 954, 960, 1077, 1084; 3/72, 738, 786; 4/205, 312, 553, 868, 906, 914, 1027, 1123, 1135, 1137, 1138, 1155; 5/907, 977
Маркуса зависимость 3/651
уравнение 4/421; 5/338, 339, 642
Маркуса–Райса схема 3/258
Марматит 5/746
Марс 2/274
Марселена – Де Дойде уравнение 4/1070
Мартеновское производство 2/258, 264, 348, 964, 965; 3/93–95, 1069
Мартенса метод 4/1053, 1054
Мартенсит 2/259, 260, 262, 271
Мартина весы 3/217
Мартини модификация 2/810
Мартиты 2/270; 3/633
Маринуса желтый 3/542
Марша проба 3/308
Маршалла реакция 1/240
Маршаллит 4/673, 834
Маршруты реакций 4/722, 723
Маскирование в аналитической химии 2/1294, 177, 213, 347, 1295; 3/713, 715; 4/393–395, 397, 398, 935, 972; 5/128, 274, 431, 988
в пиротехнике, см. *Дымовые составы*
привлекающих запахов, см. *Репелленты*
Масла. См. также индивидуальные представители
всплывающие 2/15
древесностолные 2/15, 226, 1165; 3/893, 894; 4/771
иммерсионные, см. *Иммерсионные жидкости*
каменноугольные 2/594, 592, 593, 595–597, 846; 3/895
металлополакирующие 3/84, 86
минеральные 3/465
моторные, см. *Моторные масла*
нефтяные, см. *Нефтяные масла*
полувывсыхающие 3/1186; 4/377, 383, 388
присадки, см. *Присадки к смазочным материалам*
растительные, см. *Растительные масла*
силиконовые, см. *Кремнийорганические жидкости*
синтетические, см. *Синтетические масла*
сланцевые 2/606
смазочные, см. *Смазочные масла*
технологические 4/726, 1115, 1116
эфирные 5/1003, 1004–1006
Маслоемкость пигментов 3/1011
Маслонаполненные каучуки 2/377; 3/326–328
Маслорастворимые соединения красители 2/995
нефтяные сульфаты 4/928, 929
смоли 1/156, 157
Маслостойкость, см. *Бензо- и маслостойкость*
Масляная кислота 2/1295, 226, 643, 644, 646, 1080, 1296, 1298; 1/544, 610; 3/613, 1055; 4/378, 904
Маслянокислое брожение 1/610, 616, 646; 2/1295
Масляные материалы
водные дисперсии 1/1210
дистилляты 2/168, 363; 3/347, 377, 884
клеевые грунтовки 1/1208
краски 2/1296, 821, 982, 1065, 1129; 3/750; 5/67
лаки 2/1296, 1129, 1297; 4/739
эмали 2/1296, 1297
Масляные процессы
абсорбция 1/902, 928, 932
адсорбция 4/194
флотация 5/206, 207
Масляный альдегид 2/1297, 1295, 1298; 1/140, 194, 196, 198, 648, 649, 865, 1112; 3/450, 1222, 1224; 5/134, 980
Масса(ы) 3/12–14
атомная 1/407, 408; 3/31, 413, 605; 5/106, 508, 935
– единица(ы) 1/407, 408; 3/215, 401, 605; 4/243
бумажная 2/989
действующие, см. *Действующих масс закон*
дефект 3/605; 5/1017, 1020, 1032
древесные прессовочные 2/229, 230
золи, см. *Зольность*
и критерии подобия 3/1183, 1185
молекулярная, см. *Молекулярная масса*
молярная 3/216; 5/803
определение, см. *Весы, Взвешивание, Гравиметрия, Массовые устройства*
перенос 4/829–832, 1065, 1066. См. также *Диффузия, Массообмен, Переноса процессы*
прюка фотона и электрона 5/868, 930
солевая, см. *Многокомпонентные системы*
сохранение, закон 4/772, 773, 866; 3/412; 5/106, 349, 508
энергия 3/935
эффективная 2/77
Массикот 3/147; 4/599, 600
Массовые параметры
концентрация 2/915
поляризация поправка 2/721
числа 1/403, 408; 2/394; 3/604, 605; 5/1017, 1031
Массовые процессы
аппаратура, см. *Массовые устройства*
диффузия 2/392, 393
крашение 2/440, 992, 993, 1001; 3/192, 677, 1009, 1204, 1230; 4/17
кристаллизация 2/1040, 1041, 1048, 1049
переноса 4/829–832, 1065, 1066. См. также *Массообмен, Переноса процессы*
Массовые устройства
дозировочные, см. *Дозаторы*
анализаторы 2/511, 1309, 1312–1314
плотномеры 3/1146–1150
пылемеры 4/279
расходомеры 4/383–387
Массообмен 2/1298; 5/169, 170
аппаратура 1/708, 1183; 2/1307, 1308; 3/56, 193, 1142, 1143; 4/402, 986–990
и абляция 1/1
и горение 1/1164–1168
и макрокинетика 2/1254–1261
и механохимия 3/145, 147
и плазмохимия 3/1099, 1101, 1102
и теплообмен 4/1043
и электрохимическая кинетика 5/910, 911
интенсификация 3/940; 4/271
коэффициенты 2/1300–1307; 3/1142, 1183–1185; 4/456, 459
процессы 1/7–12, 896, 897; 2/542, 543, 1045, 1046, 1299–1308; 4/350, 351, 454–456, 459, 461, 956–959; 5/156, 227–229, 819–822, 828, 829
– подобие 3/1181, 1183–1185
Массоточка 2/1298, 1300–1307; 3/1142, 1183–1185
Массопередача 2/1304–1307; 4/456, 459
Массопроводность 2/1304; 3/1184, 1185
Масс-рефлектор 2/1314
Масс-спектральный анализ 2/1308–1318
Масс-спектрография 2/1308, 1309; 4/779
Масс-спектрометрия 2/1308, 44, 45, 347, 389, 505, 524, 628, 712, 1010, 1038, 1309–1318; 1/909; 3/161, 210, 217, 411, 459, 605, 795, 1134; 4/436, 667, 882, 1113; 5/33, 35, 180, 349, 364, 529, 1016
анализ газов 1/916
– жидкостей 2/293
– ионный 2/509, 511, 512, 1317; 3/431
– количественный, см. *Хромато-масс-спектрометрия*
– термический 4/1058
высокого давления 3/21, 141
и деградация Эдмана 5/801
и жидкостная хроматография 3/231
и сродство к электрону 4/813
и циклотронный резонанс 5/741, 742
изотопная 2/382, 384, 386, 387, 1308, 1317, 1318
локальная 2/511, 512, 1121, 1311, 1318
тандемная 2/1252, 1317
фотоионизационная 5/331
электронно-зондовая 5/878
Масс-спектроскопия 2/1308–1318
Масс-фрагментация 5/629
Массы функция 4/1072; 5/955
Массы–Планка функции 5/955
Мастик 2/1318, 1101, 1319, 1320; 1/563, 564, 657, 871; 3/445, 864, 1224; 4/1088; 5/431
Мастикс 4/739
Масштабирование 2/1320, 1321
Масштабная инвариантность, принцип 2/1073, 1074, 1265, 1266
Масштабный переход 2/1320, 1256–1261, 1321; 3/193, 195, 1100; 4/1208, 1244, 1246; 5/170, 194
Математическое моделирование 1/23–25; 2/747–759; 3/193–197
и масштабирование 2/1320, 1321
и надежность производства 3/322
и оптимизация 3/771, 772
и теория подобия 3/1186
и эксперимент, см. *Обработка результатов эксперимента, Планирование эксперимента*
фармакокинетики 5/110
Материалы, см. отдельные виды
Материальные вещества 4/87, 91, 833; 5/723
Матлокит 4/597
Маточные средства 2/1321, 459, 460, 1160, 1322; 3/156, 857; 5/968, 969
Матовые пленки 3/1138
Матрин 5/524, 525
Матрица(ы)
алгебраические 3/640–643
биомембран, см. *Фосфолипиды*
водно-солевые, см. *Люминесцентный анализ*
грампластинок 1/977
Дирака 4/787, 788
для десорбционной ионизации 2/1311
для ИК спектроскопии 2/565
для прессования порошков 4/140, 141
для углерод-углеродных материалов 5/49, 50
ДНК, см. *ДНК-матрицы*
и квантовая механика 2/717
иммобилизованных ферментов 2/421, 422
инертные, см. *Криохимия, Матричной изоляции метод*
ионот 2/503, 504, 512, 518–520, 701, 1267
как макрокомпонент концентрата 2/915, 916
кластерные 2/797
ковариационная 3/643
комплементарность, см. *Матричный синтез*
металлические 2/797, 877–880, 949
Паули 4/788
плотности 2/719
полимерные 2/521, 522; 3/327, 417, 662, 663, 805, 901–903, 907, 909, 1119, 1140; 5/41, 446. См. также *Армированные пластики, Композиционные материалы*
РНК, см. *Матричные рибонуклеиновые кислоты*
формовочные 4/10, 11
цеолитных катализаторов 5/679, 680
эффект, см. *Матричный эффект*
Шпольского 5/884, 885
Матричная механика 2/717

- Матричной изоляции метод 2/493, 623, 1034, 1035; 3/507, 658; 4/554
- Матричные ДНК, см. *ДНК-матрицы*
- Матричные полуреакции 2/1325, 1326
- Матричные рибонуклеиновые кислоты 2/1322, 877, 1323–1325; 1/482, 1009, 1012; 3/587, 588; 4/518; 5/818
- генетическая информация 3/211, 599, 622, 1051
- мутации 3/300
- полисомы 4/191
- предшественники 4/758, 759, 810, 811
- синтез 3/626; 4/812. См. также *Транскрипция*
- белка, см. *Трансляция*
- ДНК 4/1231
- сплайсинг 1/1010
- Матричный синтез 2/1325, 1326–1328; 1/472; 3/211, 212, 295; 4/19, 398, 416; 5/138, 510
- Матричный эффект 2/986, 1326; 3/136, 138, 139; 4/472, 480
- Маха число 1/447; 3/238, 946, 1184
- Махе, единица радиоактивности 4/317
- Мацералы 4/579
- Мацерация 5/1006
- Мачете, гербицид 1/1029
- Мебендазол 4/225
- Мексикар 4/1225, 1226
- Мёбуса системы и ленты 1/379, 1198; 3/964; 4/858, 1214, 1215
- Мевалолактон 2/1144; 3/154
- Мевалонат, метаболизм 3/613, 617, 618, 622
- Мевалоновая кислота 1/15, 1064; 2/378, 812, 1144; 3/154, 613, 700; 4/860, 862, 865, 1091; 5/769
- Мевальдат, метаболиты 3/613, 617, 618
- Мевальдиновая кислота 3/613
- Мевинфос 2/343
- Мегестролацетат 1/1047, 1048
- Медазепам 4/1225
- Медамин 4/225
- Мединал 4/742
- Медистое золото 2/334
- Медицинские материалы
- вазелин 1/660
- вазелиновое масло 1/487
- жир 2/306, 308, 309
- кислород 2/768
- Медленные процессы 2/350, 576
- и частицы 2/500, 507, 508; 3/401
- Меднение 1/974, 975; 3/2, 512; 5/451
- Медно-аммиачные материалы
- волокна 3/3, 73, 74; 1/803, 804, 806, 1078; 2/1329; 5/235, 236, 665
- растворы 2/768, 1173; 3/3, 281; 5/663
- Медно-кадмиевый кек 5/749
- Медно-никелевые сплавы 2/1284, 1332; 3/484; 4/809
- Медно-цинковые материалы
- гальванические элементы 1/1221
- сплавы, см. *Латуни*
- Медные удобрения 3/3, 4, 8
- Медный блеск 3/1
- Медный купорос 1/1034; 2/1334; 3/4, 146, 252; 4/904
- Медь 3/4, 170, 575, 849, 871, 1053, 1194; 1/550, 768, 769; 2/819, 1153, 1250; 4/936; 5/54, 937
- аквакомплексы 3/6
- амальгамы 1/223
- аммины 2/768, 1173, 1329–1331, 1334; 3/2, 3, 86
- арсенаты 1/382, 383; 2/1329
- аурат 3/1144
- ацетаты 2/1329, 78, 105, 1101, 1232; 1/383, 498, 628, 1099; 3/351
- бромиды 1/468; 2/315, 1331; 4/188, 694; 5/310, 454
- гидроксиды 2/1329, 1331, 1333; 1/726, 1093; 3/2, 3, 5, 6, 687; 4/352, 668; 5/114
- интеркалаты 1/1194; 2/477
- интерметаллиды 1/331, 332, 384, 1037, 1081; 2/478, 480, 481, 483–486, 1331; 3/163, 754; 4/107; 5/655
- нодьялы 1/468; 2/495, 567; 3/696; 4/188, 550
- как метаболит 1/483, 484
- карбид 3/6, 8, 9
- карбонаты 2/1329, 637, 639, 1330, 1333; 1/667; 3/5, 6, 577, 665; 4/188, 352, 668
- нитрат 2/1330, 677, 1329; 3/6; 5/454
- нитрид 3/5
- нитрит 3/517
- оксиды 2/1330, 547, 672, 711, 767, 801, 1272, 1321, 1331, 1333; 1/337, 468, 1055, 1145; 3/4, 5, 7, 86, 168, 515, 547, 698, 975, 986, 1012; 4/131, 142, 158, 159, 193, 247, 585–587, 592, 746, 809, 839, 944, 1057; 5/68, 114, 117, 119, 417, 985
- определение 1/120, 348, 381, 508, 529, 615, 739, 1182; 2/136, 142, 177, 183, 451, 452, 499, 522, 565, 634, 709, 838, 870, 896, 1090, 1104, 1217–1219, 1224, 1230, 1231, 1318; 3/8, 62, 124, 136, 272, 290, 561, 690, 703, 969, 1044, 1058; 4/397, 399, 555, 569, 786, 1126, 1147; 5/149, 151, 431, 619, 637, 837
- органические соединения 3/8, 9, 62, 83, 84; 1/168, 193, 337, 338, 342, 397, 430, 432–434, 438, 571, 597, 602, 651, 864, 869, 922, 1006; 2/85, 87, 174, 295, 374, 451, 452, 474, 632, 642, 871, 872, 931, 1085, 1092, 1171, 1172, 1176, 1228; 3/252, 377, 713, 736, 897, 1016, 1017, 1020, 1036, 1044, 1125, 1204, 1211, 1229; 4/54, 60, 195, 247, 256, 495, 500, 504, 589, 868, 1147; 5/56, 58, 382, 397, 417, 570, 700, 935
- перхлорат 3/990
- полимеры 5/617
- получение 1/735, 869, 1019, 1071, 1103, 1104; 2/32, 87, 177, 213, 273, 334, 552, 553, 1243; 3/2, 6–8, 89, 93, 95, 412, 475, 485, 630, 637, 819, 825, 1000, 1001, 1068, 1069, 1193; 4/466, 559–561, 565, 591–593, 633, 640, 820, 839; 5/205, 207, 210, 333, 506, 651, 669, 746, 747, 833, 853, 854, 895, 923
- применение 1/114, 339, 726, 903, 977, 1221; 2/670, 800, 801, 1000, 1119, 1124, 1180, 1226, 1227, 1243, 1296, 1332, 1333; 3/3, 4, 8, 71, 85–87, 94, 160, 161, 304, 334, 624, 1105, 1126; 4/114, 115, 139, 266, 508, 594, 1079, 1081, 1098; 5/371, 451, 454, 470, 839, 901, 904, 908, 915, 918, 920, 980. См. также *Меднение*
- самородная 3/4; 5/506
- свойства 1/401, 459, 583, 617, 944, 1015, 1055, 1056, 1082; 2/76, 77, 142, 185, 282, 322, 334, 432, 574, 618, 664, 672, 677, 867, 920, 1128, 1238, 1253, 1331, 1332; 3/4–6, 74, 96, 97, 383, 432, 693, 801, 916, 955, 958, 1074, 1093; 4/278, 316, 553, 591, 616, 618, 693, 694, 750, 803, 813, 816, 820, 876, 916, 946, 973, 1003, 1017, 1020, 1039, 1095, 1109, 1133, 1137, 1146, 1198; 5/49, 58, 59, 85, 122, 142, 144, 332, 333, 417, 651, 683, 686, 724, 725, 740, 750, 925, 975
- селенат 4/197
- силикаты 1/337; 2/1171; 3/4; 4/675, 684, 685; 5/407, 408
- сплавы 2/1331, 249, 257, 260, 261, 265, 320–322, 332, 477, 548, 579, 580, 715, 736, 737, 801, 827, 878, 946, 948, 1153, 1202, 1240–1242, 1330, 1332, 1333; 1/214–218, 820, 821, 975; 3/8, 15, 145, 249, 273, 306, 482, 483, 518, 753, 758, 759, 801, 873, 1133, 1134; 4/142, 175, 594, 601, 637, 639, 640, 809, 876, 945, 1057, 1081, 1102, 1175, 1180; 5/126, 199, 752, 753, 766. См. также *Бронзы*, *Латуни*
- станнат 4/601
- сульфат 2/1333, 567, 1108, 1329, 1331, 1334; 1/338, 490, 566, 974, 988, 1078, 1221; 3/3–6, 39, 113, 655; 4/86, 175, 227, 256, 393, 569, 746, 1020, 1116; 5/114, 124, 417, 429, 455, 700, 749, 918, 996, 1002
- сульфида 3/1, 2, 4–8, 76, 242, 304, 440, 474, 630, 1069; 1/664, 934; 2/709, 710, 819; 4/118, 188, 585, 592, 593, 630, 668, 746, 910, 911; 5/208, 371
- тетрафтороборат 5/400
- тиоцианаты 2/833; 4/1164, 1165; 5/454
- титанат 3/1012
- уранаты 5/83
- феррит 5/163
- фосфаты 1/1077; 5/248–251, 281
- фосфиды 4/107; 5/257, 258, 263
- халькогениды 2/443; 3/5, 165, 243, 250; 4/619, 1020, 1024
- хлориды 3/2, 3, 5, 109, 255, 512, 667, 698, 739, 774, 1019; 1/424, 468, 567, 681, 713, 714, 723, 983, 990, 1116; 2/15, 28, 204, 246, 315, 550, 639, 1102; 4/61, 62, 393, 425, 668, 694, 696, 713, 737, 937, 938, 1007, 1106, 1264; 5/141, 277, 382, 449, 562, 699, 862
- хроматы 2/663, 666; 4/1097; 5/631, 632
- цианиды 1/974; 3/6, 516, 708; 4/1201; 5/568, 700, 702–704, 993
- Медь-копаль 4/1081
- Меланка 2/1321
- Меервейна
- алкоксолон 1/168
- реакция 3/9, 10; 1/116, 533; 2/17, 75
- Меервейна-Пондифора-Верле реакция 3/10, 11, 767, 768; 1/170, 197, 1204; 2/745; 4/804
- Межатомные векторы рассеяния излучений 2/191
- Межгалогенные соединения 3/11, 12; 1/612, 954, 970; 2/495, 697; 4/548, 559, 584, 585; 5/388, 553, 562
- полипроизводные, см. *Полигалогениды*
- фториды, см. *Галогенфториды*
- Междоузлия в кристаллах 2/50, 51; 5/861
- Международная система единиц 3/12, 13, 14; 5/652, 653
- Международная температурная шкала 4/1077
- Международный союз теоретической и прикладной химии 3/14, 15; 5/513. См. также *ИЮПАК*
- Межкристаллитная коррозия 3/15, 16; 2/320, 947, 955, 957; 5/912
- Межмолекулярные взаимодействия 3/16, 17–21, 219; 4/120; 5/168, 465, 886
- адиабатические 5/338
- ариллирование 4/279
- в газах 1/925, 926
- в иерархических системах 4/1063, 1064
- в порошках 4/137
- в сильных внешних полях 2/126
- валентные 3/390, 391
- ван-дер-ваальсово 3/16, 164, 211, 224–227, 331; 4/994
- влияние среды 4/362, 366–368. См. также *Гидратация*, *Гидрофобное взаимодействие*, *Липофильность и липофобность*, *Сольватация*
- дегидратация 2/10
- дегидратация 2/11, 12; 3/186, 187, 601; 5/1008
- дипольные, см. *Диполь-дипольное взаимодействие*
- дисперсионное 2/147, 148, 300, 834, 905; 1/781, 782, 1112; 3/16–18; 4/126, 344, 374
- диспропорционирование 5/294, 309, 712
- и диффузия 2/197
- и коагуляция 2/816, 817
- и когезия 2/834
- и мицеллообразование 3/183
- и поверхностная энергия 3/1161
- и состав пара при дистилляции 2/160
- и спектры вращательные 1/836
- – колебательные 2/855
- и термодинамическое подобие веществ 4/763
- и эффект(ы) изотопные 2/386, 387, 758, 759
- – индукционный, см. *Индуктивный эффект*
- – Керра 2/739
- интенсивность, см. *Поверхностное натяжение*
- кислотный гидролиз 2/70
- конденсация 2/11, 12, 888, 1013; 4/799
- координационные, см. *Донорно-акцепторные взаимодействия*, *Комплексообразование*, *Молекулярные кристаллы*, *Молекулярные комплексы*
- критические аномалии 2/1073
- кулоновское 3/16–18, 407
- многочастичные 3/20, 21. См. также *Ион-молекулярные комплексы*
- невалентные 3/18, 19, 390. См. также *Водородная связь*
- обменное, см. *Обменное взаимодействие*
- окислительно-восстановительные 1/1025; 2/537; 3/664
- перекислирование 3/936
- перегруппировки 3/938
- перезтерификация 2/304
- полиризационное 3/16–18
- потенциалы 1/726, 1112; 3/16–21, 390, 391, 468; 4/763. См. также *Поверхность*, *Потенциальной энергии*
- при низких температурах 2/1033–1035
- при пластикации полимеров 3/1115
- протонирование 4/244
- резонансное 3/19
- с переносом заряда 3/17, 19. См. также *Одноэлектронный перенос*
- селективность замещения 1/604
- сплайсинг 4/812
- таутомеризация 4/991
- твердофазные 4/413
- уравнения состояния 5/71, 72
- топохимические 4/1217
- фотохимические 5/338, 733
- Фриса 5/372
- циклизация 3/72, 73, 1256; 4/70; 5/713
- циклоприсоединение 5/733

- Межфазные процессы**
катализ 3/24, 21, 25, 33, 109, 181, 516, 765; 1/392, 720; 2/621, 623, 661, 987; 4/1166; 5/312, 710, 724
натяжение, см. *Поверхностное натяжение*
полнконденсация 3/21, 22, 1209, 1210, 1253, 1254, 1256, 1258, 1259; 4/95
скачки потенциала 3/22, 23, 24, 47, 48, 431, 667, 1173; 2/521; 5/466, 850, 898, 920, 922
энергия 3/1161
- Мезоконат, метаболизм** 3/613, 617–662
- Мезоконовая кислота, см. Цитроконовая и мезоконовая кислоты**
- Мезоконовый ангидрид** 5/773
- Мезопам** 4/1225
- Мезатон** 1/51; 5/143
- Мездра** 2/802, 835, 836
- Мезидин** 3/25, 27; 4/1198
- Мезилаты** 3/101, 102, 268, 603; 4/930
- Мезилгалогениды** 3/102; 4/937
- Мезитила окись** 3/25, 26, 114, 572, 1032; 1/436, 437, 697; 2/112, 744; 5/133
- Мезитилен** 3/26, 25, 27, 108; 1/373, 436, 514; 2/846, 847; 4/257, 969; 5/403
- бис-(Мезитил)никель** 3/476
- Мезитиловая кислота** 3/27
- Мезитилэтилкетон** 1/203
- Мезитол** 3/831
- Мезолиллины** 2/1135, 1136
- Мезо...** 3/27
- Мезоатомы** 1/787; 3/31, 32; 4/330
- Мезобезантрон** 1/489
- Мезобилирубин** 2/975
- Мезовинная кислота** 1/726, 727; 2/1272; 5/957
- Мезогены** 2/1060
- Мезоиноные соединения** 3/27, 28, 29, 673; 4/634, 1254; 5/653
- Мезокарб** 4/267, 268, 669
- Мезоксалева кислота** 1/196, 1077, 1146; 2/347, 1274
- Мезомерия** 3/29, 30, 550, 570; 2/458, 459, 979, 980
и альтернативные структуры, см. *Резонанса теория*
и эффект сопряжения, см. *Мезомерный эффект*
- Мезомерный эффект** 3/30, 31, 551, 787; 2/642, 646, 940, 941; 5/904, 905.
См. также *Мезомерия, Резонанса теория*
- Мезомолибдаты** 3/240
- Мезомолибденовая кислота** 3/240
- Мезоморфные системы** 1/1001; 2/286–289
- Мезонная химия** 3/31, 32; 5/475, 931, 1016
- Мезоны** 1/787; 2/718; 5/930–932
- Мезопорфирин** 2/974; 4/145, 146
- Мезопоры** 1/58; 4/130, 131
- Мезосфера** 1/399, 400
- Мезотерий-одни** 4/323–325
- Мезофазы** 1/1001; 2/286–289
- Мейера реакция** 3/32, 33, 310, 316, 530, 557
- Мейера-Шустера перегруппировка** 3/33; 4/562
- Мейснера эффект** 4/583
- Мейстра-Мишера реакция** 1/457
- Мейтнерий** 5/929
- Мекамилаин** 1/979
- Меклофеноксат** 3/578
- Мехонин** 5/380
- Мехсамин** 4/327
- Мексилетин** 1/319, 320
- Мексиндол** 4/1226
- Мел** 1/280, 634, 636, 646, 870; 2/330, 348, 349, 356, 377, 578, 586, 799; 3/284, 328, 1114, 1197, 1221; 4/34, 92, 673, 838, 941, 1116; 5/113, 114
- Меламин** 3/33, 34, 35, 38, 281, 282, 646, 1118; 1/311, 1209, 1210; 2/205; 4/1249; 5/137, 430, 664, 701, 708
- Меламино-алкидные лаки** 3/35
- Меламино-формальдегидные смолы** 3/34, 35, 327, 436, 712, 743, 839, 1121, 1197; 1/151–154, 261, 262, 335, 386, 650, 1209; 2/236, 806, 1002, 1228; 4/165, 444, 613, 1013, 1249; 5/213, 222
- Меланж** 1/101
- Меланины** 3/35, 36, 37, 271; 1/298, 535; 2/975; 5/140, 342
- Меланотропин** 2/1200; 3/36, 37, 400
- Меланоцитстимулирующий гормон** 3/37, 36, 400; 2/1200
- Мелантерит** 2/264
- Мелантиофен** 5/119, 120
- Меланфлогит** 2/1026
- Меласса** 2/232, 409, 456, 544; 5/616, 619
- Мелатонин** 1/1173
- Мелем** 3/37, 34, 38
- Мелетин** 2/731
- Мелешитоза** 3/748
- Мелибноза** 3/748
- Мелниекс** 3/1139
- Мелинит** 4/1268
- Мелипирани** 2/417, 418
- Меллит** 4/675, 676
- Меллитин** 5/1039
- Меллитовая кислота** 1/432, 513, 514
- Меллофановая кислота** 1/513, 514
- Мелмекс** 1/261
- Меловые бумаги** 1/621, 622
- Мелфалан** 2/605
- Мельницы** 1/707, 774, 1205; 2/146, 339, 353–357; 3/146, 630, 982, 991; 4/139, 180, 765; 5/563
- Мельхоры** 2/948, 1330–1333; 3/8
- Мембранные процессы разделения** 3/38, 39–44, 55, 56, 420; 1/468, 772; 2/1299, 1300; 5/473, 474, 924. См. также *Мембраны аппараты* 3/43–45
- газов** 1/798; 2/1300; 3/42, 45, 53, 56, 1213
- гиперфильтрация** 3/39–45
- дизализ** 2/859, 916, 1199, 1300; 3/42, 43, 45, 53, 55; 4/952
- жидкостная экстракция** 5/830
- и неравновесная термодинамика** 4/1069
- испарение** 2/1300; 3/42, 43, 45; 4/461
- микрофильтрация** 3/39–41, 45
- обратный осмос** 2/828; 3/39–45
- растворов электролитов, потенциал** 3/46, 47; 1/560, 561; 2/521
- ультрафильтрация** 3/39–41
- электролиз** 3/41–42
- электролиз** 5/553–554
- Мембранные устройства**
- вакуумметры** 1/662
- компрессоры** 2/883
- разделительные** 3/43–45
- фильтры** 3/39, 41, 45
- Мембранные ферменты** 2/395
- Мембранный катализ** 3/45, 46; 5/179
- Мембранный потенциал** 3/46, 47; 1/560, 561; 2/521
- Мембраны**
- асимметричные** 3/55, 56
- биологические, см. Биомембраны**
- динамические** 3/53, 56
- диффузионные** 3/55, 56
- жидкие** 3/53, 39, 54; 2/521, 522, 1300; 5/830
- ионитовые** 3/54, 55
- нонообменные** 3/54, 39, 41, 55, 981, 983; 1/772; 2/196, 504, 520; 5/553, 554, 855
- нонопроводящие** 3/54, 55
- ноноселективные** 2/521, 522; 3/54, 55; 5/863
- как катализаторы** 3/45, 46
- композитные** 3/55, 56
- очистка** 3/38, 39, 56, 57
- плёночные** 2/521, 522
- полимерные** 3/53–56, 1101
- полупроводящие** 3/55–57, 827–829; 5/150
- пористые** 3/55, 56
- потенциал** 3/46, 47; 1/560, 561; 2/521
- предохранительные** 1/704
- разделительные** 3/55, 38–45, 56, 57, 202, 827–829, 1101, 1213; 1/798, 905; 2/521, 522, 1283; 4/627; 5/847–851. См. также *Мембранные процессы разделения*
- селективные** 1/798; 3/55–57
- сплошные** 3/55, 56
- электролизные** 5/390
- ядерные** 3/56
- Мендион** 1/749; 3/388, 390
- Менахиноны** 1/749
- Менделевий** 3/57; 1/131, 132; 3/413, 957, 959
- Менделеева**
- весы** 1/690
- замаска** 2/312
- закон** 3/963, 412, 413, 955; 5/508
- метод взвешивания** 1/700
- система, см. Периодическая система химических элементов**
- теория происхождения нефти** 3/457
- химическая растворов** 5/923
- Мениск жидкостей** 2/611, 612
- п-Ментаден-2-оны** 2/652
- Ментилены** 3/57, 58; 2/1179; 4/1092; 5/114
- терпинены** 4/1093, 1092, 1094; 1/393; 3/58, 1027; 5/114, 746, 1004
- п-Ментан-1,8-диол** 4/1091
- 3-п-Ментанол** 3/59, 60. См. также *Ментол*
- 3-п-Ментанон** 3/60, 61. См. также *Ментон*
- Ментантол** 4/1139
- п-Ментантриолы** 4/1094
- Ментаны** 3/58, 57, 59, 60; 2/465, 1179; 4/1091, 1093
- п-Ментенолы** 4/1090, 1093, 1094
- п-Ментеноны** 2/600; 3/1032; 4/271
- Ментены** 3/59, 57, 58, 60
- Ментилацетат** 3/60; 5/1004
- Ментол** 3/59, 60, 103; 2/19, 237, 283, 600; 4/271, 495, 1091, 1092, 1126; 5/774, 1004
- Ментон** 3/60, 58, 61, 1032; 2/747; 4/271; 5/1004
- Ментофан** 5/1005
- Ментукиа**
- реакция** 3/61
- хлорангидрид** 3/112
- Меобал** 2/473
- Меникваты** 4/428, 429
- Мепробамат** 3/61; 4/269, 1225
- Мепротан** 3/61
- Мерадан** 4/464
- Мераклои** 4/27
- Мергель** 2/348–350
- Меридил** 4/267, 268
- Мерказолл** 1/340
- Меркамин** 3/63, 64
- Меркаптал** 1/422; 3/63
- Меркаптаны** 1/596, 599, 633, 668, 896, 902, 929, 930, 997, 1071; 2/119, 176, 573, 640, 1216; 3/447, 458, 653, 785, 795, 881, 914, 1035, 1165; 4/500, 515, 634, 635, 914, 947, 1135; 5/37, 207, 219, 262, 571. См. также *Тиолы, Тиофенолы*
- β-Меркаптоаланин** 5/768
- Меркаптоаминокислоты** 2/34; 4/1168
- 1-Меркапто-2-аминоантрахинон** 1/245
- α(2)-Меркаптоанилин** 3/62
- S-Меркаптоацетилтиоуксусная кислота** 4/1127
- α(2)-Меркаптоацетофенон** 4/1129
- α(2)-Меркаптобензальдоксим** 1/492
- 2-Меркаптобензилаланин** 1/492, 493
- 2-Меркаптобензиллактозы** 2/82
- 2-Меркаптобензойная кислота** 4/1145, 1146
- Меркаптобензол** 4/1158, 1159
- 2-Меркаптобензотриазол** 3/61, 62, 1115; 1/306, 337, 527, 630, 846; 2/183
- Меркаптогруппа** 3/569, 573; 4/394, 1136; 5/651, 768
- Меркаптодиметур** 2/473; 3/252; 4/247, 494
- 2-Меркаптодимидазолон** 5/572, 986
- α-Меркаптокарбоновые кислоты** 1/1005
- 2-Меркапто-Ni-2-нафтилацетамид** 4/975
- 2-Меркаптооксазол** 3/679
- 3-Меркаптопропионовая кислота** 1/42
- Меркаптопуриновые кислоты** 1/1154
- Меркаптопурины** 1/64; 2/426; 4/220, 235, 274
- Меркаптотетразолы** 4/1167; 5/323
- 2-Меркаптотриазолон** 3/63; 5/975
- Меркаптоуксусная кислота** 4/1126–1128, 1202
- Меркаптофос** 3/1091
- 8-Меркаптохинолины** 3/62
- Меркаптохинолины** 3/62, 63
- Меркаптоэтанол** 1/478; 2/487; 3/133; 4/1153; 5/149
- 2-Меркаптоэтиламмин** 3/63, 64
- 2-Меркаптоэтилтриметиламмонийгидроксид** 4/1163, 1164
- «Меркур»** 3/575
- Меркурбензол** 4/554
- Меркурбензол** 4/554
- Меркуриды** 1/222, 223; 4/548, 549
- Меркуриметрия** 3/64; 4/549, 1165, 1189
- Меркурирование** 2/651; 3/28, 91; 4/549, 553, 1189; 5/428, 635, 721
- Меркурокарбораны** 2/651
- Меркурометрия** 3/64
- Мерлон** 3/1139
- «Мерокс»-газоочистка** 1/902
- Меромозины** 3/176
- Мерохинен** 5/522
- Мероцианины** 3/131; 4/799; 5/354
- Мерпелан** 1/1031
- Меррифила реакция** 4/929, 934
- Мерсеризация** 3/64; 1/730; 2/992
- Мерфрн КПД** 2/1307; 4/455
- Мескалин** 4/269
- Мёсбауэра эффект** 2/189, 191; 3/64–68; 5/1016, 1017
- Мёсбауэрская спектроскопия** 3/64, 65–68, 141, 225, 229, 230; 2/293, 727; 5/1016, 1023, 1033
- Мёсбауэрография** 2/188, 189, 191
- Мессенджеры** 1/40
- Месси параметр** 1/45
- Местноанестезирующие средства** 3/68, 69
- Местные удобрения** 2/348, 349; 3/863; 5/54
- Мета, см. Орто, мета, пара**
- Метантаимонаты** 4/943, 944
- Метарсенаты** 1/381, 382
- Метабензотриазурон** 1/1030, 1031
- Метабисульфиты, см. Гидрасульфиты**
- Метаболиты** 1/558, 559, 1097, 1098, 1154, 1210, 1211; 2/1185, 1191; 3/395, 396, 559, 610, 700, 711, 809–812; 4/863; 5/109, 158, 196, 589.

- щелочноземельные, см. *Щелочноземельные элементы*
щелочные, см. *Щелочные металлы*
электрон-фононное взаимодействие 5/742
электроотрицательные 5/920
электроперенос 5/897, 898
электрохимическая реакция 5/907, 908, 909
эффект «сильного взаимодействия с носителями» 3/325
Метальдегид 1/424; 3/252. См. также *Ацетальдегид*
Метамеризм 5/653
Метамидофос 2/472
Метамиктные минералы 3/164, 1077
Метамитрон 1/1033; 4/1250
Метам-натрий 3/115, 405
Метаморфические горные породы 4/680
Метаморфогенные руды 4/560
Метамышьяковистая кислота 3/311, 576
Метамышьяковые кислоты 1/381; 3/305
Метан 3/101, 170; 1/399, 773, 856. См. также *Газы природные горючие*
брожение 1/610, 611; 3/101
бромхлор 1/504
гомологический ряд, см. *Насыщенные углеводороды*
как простая жидкость 2/300
межзвездных облаков 2/962
определение 1/889, 894–896, 915–917; 3/795; 4/627, 666, 667, 786
получение 1/927–930, 932, 1191; 2/10, 28, 625, 667, 680, 686, 810, 811, 843–846, 898, 1005; 3/53, 101, 113, 125, 462, 726, 727, 785, 1062–1066; 4/32, 194; 5/125, 580, 776
применение 1/204, 205, 785, 877; 2/221, 664; 3/101
свойства 1/6–8, 169, 431, 436, 459, 610, 611, 650, 714, 767, 768, 777, 833, 878, 879, 904, 911, 913, 914, 948, 970, 1117, 1158, 1163; 2/46, 85, 664, 672, 777, 782, 797, 798, 905, 1056, 1077, 1310; 3/79, 101, 111, 157, 227, 228, 345–347, 392, 394, 407, 667, 672, 673, 726, 783, 784, 795, 1058, 1069; 4/194, 342, 421, 654, 686, 690, 696, 1037, 1059, 1115; 5/16, 65, 223, 459, 684, 777, 983
Метаналь 1/196; 5/221
Метанамида 5/223, 224
Метанаторы 1/785
Метандикарбоновая кислота 2/1274
Метандроценон 1/290, 291
Метаниловая кислота 1/267; 3/527, 528
Метановый желтый 2/447
Метанобаты 3/488, 489
Метанитриаты 3/546
Метановая кислота 2/643, 644; 3/288–290
Метановое брожение 1/610, 611; 3/101
Метановые углеводороды, см. *Насыщенные углеводороды*
Метанол 3/118–120. См. также *Метиловый спирт*
Метаноламин 1/194. См. также *Метиламин*
Метанолиз 2/304, 1018; 3/580, 1228
Метанолю-угольные смеси 1/205
Метансульфамид 3/102; 4/896, 897
Метансульфокислота 3/101, 102, 103; 1/476; 4/234, 924. См. также *Мезилиты*
Метансульфохлорид 3/102, 101, 103; 4/937, 1160
Метантенки 3/861
Метантиаль 4/1160
Метантиолы 3/102, 653; 4/1136, 1137, 1150
Метаолевиная кислота 3/757
Метаперодаты 2/495, 496
Метапротеренон, сульфат 3/817
Метародопины 4/537, 538
Метас 5/204
Метасиликаты 4/674, 675
Метасистокс 2/471
Метасол 5/204
Метастабильное состояние 2/154, 316, 317, 761; 3/206; 4/1058, 1074; 5/100, 102, 464, 1032
атомных алер 2/369, 370
жидкостей 2/299
и кристаллическое состояние 2/1060
и механические воздействия, см. *Механохимия*
и релаксация 4/463
интерметаллидов 2/485
ионов 2/1316, 1317
квазикристаллов 2/715; 4/24
паров веществ 2/890
равновесное 2/859; 4/1074. См. также *Черные пленки*
силикатов 4/680
тройные точки 5/15
туннельный эффект 5/27, 28
Метастибит 4/951
Метасульфамидная кислота 4/948
Метасульфамидная кислота 4/948
Метатановая кислота 4/985
Метатезис 3/103, 79, 80, 84, 104, 737, 739; 2/158, 874, 1149; 4/869; 5/731–733. См. также *Дисмутация*, *Диспропорционирование*
Метатектические превращения 2/60
Металлы, взрывчатые вещества 1/705, 706; 2/934. См. также *Пороха*
Метатитановая кислота 4/1179, 1183
Метафос 1/961; 2/470
Метафосфаты органические 3/104, 105, 1091; 5/248, 249, 255
Метафосфорные кислоты 1/741, 767; 2/783, 784; 3/104, 105, 511, 714; 5/248, 287, 296, 299
сложные эфиры, см. *Метафосфаты органические*
Металлоль 5/556
Металолин 5/593
Метакромиты 5/633
Метация 1/1210; 3/1239
Метациллин 4/1109, 1110
Метациклофаны 5/743, 744
Метацил 2/1156
Метацил 1/280; 4/1194; 5/591, 592
Метациннабарит 4/546, 547
Меташтегит 2/266
Меттемоглобин 1/96, 155, 306, 328, 533, 650, 1094, 1096, 1116; 2/133; 3/470, 507, 518, 519, 523, 527, 561, 566, 854; 5/123, 126, 560
Меттемоглобин-редуктаза 4/524
Метемин 1/990
Метеориты 1/554; 2/961–963; 4/467
Метил 1/154; 3/569, 572. См. также *Метильная группа*
активный, см. *S-Аденозилметионин*
2-Метиладенин 1/744
Метилдинатин 1/47
Метилдининовая кислота 4/271
Метилизид 1/72, 73
N-Метилизидин 2/698; 3/1037
Метиллазоксиметанол, β-D-глюкозид 3/294
Метиллазы 4/509
9-Метиллакридин 1/112
Метиллакрилат 3/105, 106, 1196–1199; 1/116, 118, 640, 716, 724, 725; 2/808; 4/22, 418; 5/439
α-Метиллакриловая кислота 3/70
Метиллакролеин 3/178, 916; 5/713. См. также *Метакролеин*
Метилаланин 1/255; 3/619, 620
Метилалкены 2/312
Метилалкилкетоны 2/305; 4/313
Метилалкиловые эфиры 5/1007
Метилалкилсульфаты 4/922
Метилаллен 2/366
Метилаллилсульфонаты 3/1197; 5/447
Метилаллоксаны 1/525
Метиль 1/422; 5/221
Метилалюмоксаны 2/674; 5/713
N-Метиламиды 3/106
Метил-трет-амиловый эфир 1/205; 3/278
Метиланин(ы) 3/106, 107, 113, 115, 119–121, 125, 619, 620, 1016, 1021, 1036, 1050, 1057; 1/194, 269, 271, 415, 425, 488, 948, 1115; 2/171, 645, 1272; 4/205, 342, 529, 580, 750, 759, 990, 1164, 1165, 1192, 1224; 5/87, 181, 584, 1013. См. также *Диметиламин*, *Монометиламин*, *Триметиламин*
1-Метиланиноантрахинон 1/239
1-Метиланино-4-бромантрахинон 1/239, 244, 245, 353
Метиланиногруппа 3/569
γ-(N-Метиланино)масляная кислота 3/120
6-Метиланинопурин 3/295; 4/510
1-Метиланино-4-л-толуидиноантрахинон 1/244
Метиланиноуксусная кислота 1/80, 250; 4/580
6-Метил-5-аминораурил 2/221
2-Метиланино-2-фенил-1,3-индандион 2/439
2-Метиланино-1-фенил-1-пропанол 5/1001, 1002
2-Метиланино-5-фенил-7-хлор-3H-1,4-бензодиазепин-4-оксид, гидрохлорид 4/1224
Метиланинофенолы 1/268, 1115
Метиланиноэтансульфокислота 1/80
2-Метиланино-2-этил-1,3-индандион, гидрохлорид 4/240
2-Метиланиноэтилсульфоновая кислота 5/274, 275
Метиланилины(ы) 1/153–155; 2/103; 3/1021; 4/1198; 5/125
Метилантрацилин 1/348, 349
1-Метилантрапиридон 1/240
Метилантрахиноны 1/155, 156, 351; 2/1045
Метилантрацены 1/155, 156
3-Метиласпарат 3/619, 620
Метилаты 1/166–169; 3/119
Метиллапетат 3/107, 108; 1/6–8, 642; 2/640; 3/125, 1059
Метиллацетиллен 3/108, 1065, 1066; 1/430; 2/96, 625; 4/854
Метиллацетилениды 3/108
Метиллацетоацетат 1/392, 440; 3/617, 618
2-Метиллацетоуксусная кислота 2/361
Метиллацетофенон(ы) 3/108; 1/441
5-Метилбарбитурат 3/619, 620
Метилбензальдегиды 4/1200, 1201; 5/366
N-Метилбензамид 1/488
2-Метилбензанилид 5/419
4-Метилбензантрон 1/155
Метил-2-бензимидазолкарбамат 1/337
Метилбензоат 1/510; 2/87; 5/459, 1004
Метилбензойные кислоты 4/1201
Метилбензол 1/948; 2/236; 4/1201, 1202. См. также *Толуол*
Метилбензолсульфонат 3/108, 109
Метилбензо-1,2,3-триазолы 4/1199
2-Метилбензофуран 5/133
3-Метил-6-бромантрапиридон 1/239, 244
2-Метил-2-бромбутан 2/311
Метилбромид 1/107; 2/342, 938, 941; 3/405, 602; 5/368, 416
2-Метил-1,3-бутадиен 2/99, 100, 374, 375
2-Метилбутан 3/345, 365, 726, 912, 913; 5/428
Метилбутанали 2/359, 1159; 3/617–620
3-Метил-1,3-бутандиол 2/116
Метилбутановые кислоты 1/643, 667, 668
Метилбутанолы 1/668; 2/359, 773; 3/617, 618; 4/801, 802. См. также *Амиловые спирты*, *Изоамиловый спирт*
3-Метил-2-бутанол 2/744
4-(3-Метил-2-бутенил)триптофан 5/968
O-Метил-2-бутенилфосфон 3/104, 105
3-Метил-1-бутен-3-ол 2/116
Метилбутены 1/998; 2/698; 3/726, 917, 918
Метилбутиламины 1/232; 3/619, 620
O-Метил-S-бутилдифосфат 4/1160
Метилбутилкетон 2/744
Метил-трет-бутиловый эфир 3/109, 278, 450, 726, 1053; 1/205, 500, 650, 928; 2/682; 4/1210
Метилбутират 2/617, 618, 1295
N-Метил-γ-бутиролактон 3/120, 121. См. также *N-Метилпирролидон*
2-Метилвалериановый альдегид 3/61
N-Метил-L-валин 1/134
Метилвинилилхлорид 3/799
Метилвинилкарбинол 3/110
Метилвинилкетон 3/109, 110, 1032; 1/714; 2/252, 456, 743; 4/418, 529, 872
Метилвиниловый эфир 4/507
2-Метил-5-винилпиридин 3/110, 54, 111, 1193, 1228, 1229; 1/625, 718–721
Метилвинилсилоксановые каучуки 2/1012–1014, 1018
Метилволет 3/663; 4/423
Метилвиологен 5/333
6-O-Метил-β-D-галактопираноза 1/31
Метилгалогениды 1/1140; 2/71, 787; 3/119; 4/1269
N-Метилгалфорный хлорид 3/679
Метилгексаны 1/1023
Метилгексафторантимонат 1/959
2-Метилгептановая кислота 2/643
Метилгептенолы 3/728
Метилгептеноны 5/773
N,N'-бис-(1-Метилгептил)-1,4-фенилсиданин 1/333
Метилгептилахлорид 2/518
Метилгидразин 1/1072, 1074, 1076
Метилгидридан 2/26
3-Метилгидроксикоричная кислота 3/573
4-Метил-3-гидрокси-2-аминобензонл-пентапептид 1/134
4-Метил-3-гидроксиглутарил-кофермент A 4/1261, 1262
Метилгидроксисиланы 1/1095; 3/295
4-Метил-4-гидроксиметил-2-оксазол-ны 3/683
4-Метил-5-гидроксиметилурацил 2/427 (S)-(Z,E)-3-Метил-5-(1-гидрокс-4-окс-2,6,6-триметил-2-циклогексенил)-2,4-пентадиеновая кислота 1/15
2-Метил-3-гидроксиниридин 1/741
N-Метил-3-гидроксиниридиния соли 3/709
Метилгидроксипропилцеллюлоза 3/1233; 5/667
2-Метил-8-гидроксиналинон 3/714
Метилгидросульфат 4/905
n-Метилгидроксины 1/749
Метилгистидин 1/304; 3/176
Метилглюкоаль 1/428, 1153; 2/105, 742, 743; 4/199
3-Метилглютаконат 3/617, 618

- α-Метилглутаровая кислота 4/499
N-Метилглутамин 4/478
Метил-α, D-глюкопиранозид 3/102
4-О-метил-D-глюкуроновая кислота 5/92
4-О-Метилглюкуроноксилан 4/35
N-Метилговератриламин 1/683
Метилгорчичное масло 3/106, 114, 115, 405
O⁶-Метилгуанин 4/492
O⁶-Метилгуанин-ДНК-метилтрансфераза 4/492
1-Метилгуанозин 4/1239
Метилдигидроабетат 2/284
3-Метилдигидроаланин 3/472
N⁶-Метил-2'-дезоксинаденин 3/173, 174
N¹-Метил-2'-дезоксигуанозин 3/173, 174
5-Метил-2'-дезоксцитидин 3/173, 174
Метилдiazогидроксид 3/293
Метилдигидрофосфин 1/963
Метилдигидрофосфит 1/966
Метилдигалогенфосфонаты 3/123–124
3-Метил-3,5-дигидроксивалериановая кислота 1/15
2-Метил-3-(3,4-дигидроксибензил)-L-аланин 3/112
2-Метил-5,6-дигидро-2H-пирин 4/800
2-Метил-1,2-дигидрофталин 5/376
Метилдиоксифосфин 1/963
4-Метил-1,2-диметилпропанол 4/1202
3-Метил-4'-диметиламиноазобензол 2/605
(S,Z)-1-Метил-4-(1,5-диметил-1,4-гексациклен)циклогекс-1-ен 1/545
(Z)-1-Метил-4-(1,5-диметил-4-гексациклен)циклогекс-1-ен 1/545
N-Метил-2,4-динитроанилин 4/1111
2-Метил-4,6-динитрофенол 3/563
(–)-3-Метил-1,4-диоксан-2,5-диол 2/1141
4-Метил-1,3-диоксан-2-он 4/199, 200
Метилдигидрокарбаминовые кислоты 3/106
Метил-1,2-дитиол-3-тионы 2/180
Метилдифторфосфат 1/961
Метилдифторфосфонат 3/124
Метилдифторфосфат 1/962
Метилдифторфосфин 1/963
Метилдифторфосфонат 3/123
Метилдихлоргидроксилан 1/1109
Метилдихлорсилан 2/1023; 3/126
бис-(Метилдихлорсилан)метан 1/1019
Метилдихлорфосфат 1/961
Метилдихлорфосфат 3/111; 1/962, 965, 1148
Метилдихлорфосфин 3/111, 112, 124; 1/963, 964
Метилдихлорфосфит 3/112, 111; 1/966
Метилдихлорфосфонат 3/112, 111
N-Метилдизаноламин 3/106
Метилдизетиламин 1/901
Метилдофа 3/112, 113, 1119, 1120
α-Метилдофамин 3/113
Метилден, см. Метиленимая группа
N,N'-Метилден-бис-акриламид 1/114
Метилениминаметанол 1/194
N,N'-Метилден-бис-ацетилаиды 1/230
5-Метилденбарбитуровая кислота 1/455
Метиленбромид 1/504
Метиленбутадиновая кислота 2/544
2,2'-Метилден-бис-(6-трет-бутил-4-метилфенол) 1/334; 4/172
4,4'-Метилден-бис-(3-гидрокси-2-нафталенкарбоновая) кислота 3/704
1-Метилден-7-гидроксиинирролизидин 3/1082
Метиленигликоль 3/281
N,N'-Метилениданилин 2/80
4,4'-Метилден-бис-(1,2-дигидро-1,5-диметил-2-фенил-3-пиразолон) 2/84
Метиленидигидро-4-хромон 2/973
Метиленидильит 2/1203
3,3'-Метиленидиндол 2/456
2-Метилден-6,6-диметилбицикл[3.1.1]гептан 3/1027
3,4-Метилдендиоксид-1-аллилбензол 4/580, 581
3,4-Метилдендиоксидбензальдегид 1/1004
3,4-Метилдендиоксид-1-(1-пропенил)бензол 4/581
N,N'-Метиленидисулфинид 4/895
Метиленидиациацеталь 3/792
Метиленидифосфиндиоксид 5/440, 441
Метилениминные соли 2/418
3-Метиленидиндол 1/416
Метиленинодид 1/504; 2/421; 3/113
Метиленикетоны 3/1049
Метилден-бис-(нафталинсульфонат)динатрий 2/151
Метиленивая группа 2/325, 621, 622, 784, 787, 788, 809, 810, 813, 814; 4/67; 5/259, 707
Метиленивые красители
голубой 3/113, 834; 1/338; 2/221, 448, 450; 4/466, 945, 1116, 1117; 5/146
красный 2/448
синий (синь) 2/447; 3/113, 663; 4/633; 5/379
4-Метилден-2-оксетанон 2/108
β-Метилден-β-пропиолактон 2/108
Метиленисульфат 1/504
5,10-Метилентетрагидрофольевая кислота 4/1241
Метилден-бис-тиоцианат 1/337
Метилентрифенилфосфоран 2/409
Метилден-бис-(4-фенилизоцианат) 2/184
4,4'-Метилден-бис-(o-хлоранилин) 4/54
Метиленихлорид 3/113, 101, 114, 1247, 1252, 1253; 1/426, 504, 834, 836, 948, 1202; 2/808, 809; 4/26, 134, 169, 359, 1212; 5/234, 580, 666, 668, 833, 1005.
См. также Дихлорметан
Метиленициангидрид 5/976
Метиленицикланы 1/600
Метиленициклогексан 2/909
Метиленициклопропан 3/334
Метиленихлоридная кислота 2/544
N-Метилизатин 4/1149
Метилизобутилкарбинол 3/26, 114; 5/208
Метилизобутилкетон 3/114, 26, 492; 1/437, 998; 2/1104, 1214; 4/51, 981; 5/762
N-Метилизонидол 2/359, 360
Метилизонитрил 3/106
Метилизопропениловый эфир 3/108
Метилизопропилбензолы 4/1201
Метилизопропилкетон 2/744
1-Метил-2-изопропилциклогексан 3/58
Метилизотиазолы 2/381
S-Метилизотиомочевина, сульфат 3/725
Метилизотиоцианат 3/114, 106, 115, 405
Метилизотиоцианат 3/115, 106, 884; 2/401; 5/181, 416
Метилизоцианол 2/372
Метилизоцианол 2/411; 3/831
O-Метилиминосфери 5/775
N-Метилинодидол 2/360
1-Метилинодидол-2-карбоновая кислота 2/636
Метилиноды 1/598; 4/712, 713
1-Метилинозин 4/1239
Метилинозиты 5/714, 715
Метилиодид 1/251, 488, 654, 711, 946, 966; 2/76, 120, 179, 421, 636, 778, 1204; 3/25, 62, 113, 119, 120, 124, 125, 127, 142, 239, 240, 691, 703, 705, 709, 1035, 1047, 1057, 1078; 4/37, 426, 693, 694, 1122, 1164; 5/368, 376, 429, 537, 659, 758, 779, 973, 1007
Метилиноны 2/517, 518
Метилирование 1/1074, 1140; 2/114, 115, 117, 118, 835, 862, 1191; 3/111, 199, 384, 749; 4/219, 1198, 1241; 5/307
восстановительное 2/123
исчерпывающее 1/279, 1181
как модификация белков 3/199
по Гофману 3/1031, 1032
по Хакомори 4/37
по Эшвайлеру-Кларку 5/1012, 1013
ферментативное 1/39; 3/133, 173–175, 595; 4/930
N-Метилкарболактамы, диэтилацеталь 1/421
N-Метилкарбаматы 1/107; 3/405; 5/87
2,6-бис-(N-Метилкарбамоил)оксиметилпиранин 3/884
Метилкарбамоилхлорид 3/115
Метилкарбинол 5/994. См. также *Этиловый спирт*
Метилкарбитол 2/627
N-Метил-L-кариозин 1/303
Метилкетоны 1/710; 2/9, 71, 439, 740, 744, 1033; 3/813, 814, 1049, 1050; 4/737, 738; 5/370
Метилкобаламин 1/743; 2/945, 970
3-Метилкротонат 3/617, 618
β-Метилкротоноилкоэнзим А 2/633
Метилксантины 4/267, 268
S-Метилксантогенаты 5/779
N-Метиллактамы 2/244
Метиллактат 3/253
3-Метиллактонин 3/472
Метиллитий 1/658, 948; 2/632, 1203, 1204; 3/349, 825; 4/467, 976; 5/740
Метилмагнийалогениды 1/504, 947, 948; 2/87; 3/101, 124, 181, 617–620, 795; 4/512, 1156; 5/381
Метилмаленовая и метилфумаровая кислоты 5/773
Метилмалонилкофермент А 1/609; 2/970; 3/617, 618, 621; 4/1260
Метилмалонилкофермент А-карбоксилтрансфераза 1/609
Метилмалонилкофермент А-мутаза 1/609, 743; 2/970
Метилмалонилполуальдегид 3/617–620
Метилмалоновая кислота 1/73
Метилмасляные кислоты 1/667, 668; 5/17
Метилмеркаптан 1/903, 948; 4/903
Метилмеркурцианогуанидин 4/247
N-Метилметакриламид 3/69
Метилметакрилат 3/115, 70, 116, 120, 201, 257, 359, 678, 683, 743, 744, 1196, 1198, 1268, 1269; 1/14, 235, 337, 420, 437, 439, 648, 724, 740, 1148, 1217; 2/236, 464, 806; 4/21, 40, 92, 306, 840, 841, 1087, 1127; 5/122, 204, 977, 1012
Метилметансульфонат 3/294; 4/922
Метилметадифосфат 3/104, 105
(R)-1-Метил-4-(1-метил-5-метил-4-гексациклен)циклогекс-1-ен 1/545
Метил-3-метил-1,6-октадиены 3/178
1-Метил-4-(4-метилпентил)-3-циклогексен-1-карбальдегид 3/178
S-Метилметониисульфонийхлорид 3/133, 134
2-Метил-2-метоксипропан 3/109
3-Метил-2-метоксид-4-этил-1,3,2-оксазафосфоринан 5/313
3-Метил-1-морфолинометил-3-фенил-2,5-пирролиндинидон 4/241
N-Метилморфолины 4/1106; 5/237
Метилмочевины 1/999; 3/281, 282
Метилнатрий 3/349
Метилнафталинсульфокислоты 3/116
Метилнафталины 3/116, 117, 372, 373, 390; 2/591, 1041; 5/696
Метилнафтилкетон 3/117, 118
2-Метил-1,4-нафтогидрохинон, моноацетат 1/750
2-Метил-1,4-нафтохинон 1/322, 532, 533, 749; 3/117, 388, 390
N-Метилникотинамид 3/470
N-Метилникотиновая кислота 3/470
Метилнитрамин 3/502
Метилнитрат 1/605, 1164; 3/505; 4/342
Метилнитрит 2/698; 3/119, 511, 518
N-Метилнитроанилин 4/1111
2-Метил-1-нитроантрахинон 3/524
2-Метил-5-нитробензолсульфокислота 3/560
N-Метил-N-нитрозомочевина 3/532, 533; 4/234
2-Метил-2-нитропропан 3/539
N-Метил-N-нитроэтилетан 3/532
6-(1-Метил-4-нитроимидазол-5-меркапто)урин 1/64
4-Метил-8-нитрохинолин 5/758
1-Метил-4-нитро-5-хлоримидазол 1/64
1-Метилнитроэтан 1/255
8-Метил-6-иононовая кислота 2/616, 617
Метилниоилпальдегид 3/118; 2/237
Метилниоилкетон 3/118, 4/495
α-Метилнорадреналин 3/113; 4/695
Метилновые красители
красный 1/614, 615; 2/447
оранжевый 1/242, 614, 615; 2/447, 448; 3/306; 5/554
синие 2/451; 4/397, 936
тимоловый 3/124; 2/451; 4/936
фиолетовый 1/367; 2/302, 447, 449, 1128; 4/247, 944, 975; 5/750
Метилновые эфиры 1/311; 3/125, 268; 5/1011. См. также индивидуальные представители и соответствующие кислоты
моносакхаридов 4/37
2-нафта 3/387
олигосахаридов 3/749
пектинов 3/896
Метилловый спирт 3/118
и сольватированный электрон 4/750
клатраты 1/1115
метаболизм 3/615–618
меченый 3/148, 149
определение 4/397
получение 1/948, 1006, 1220; 2/118, 224, 638, 768, 885, 1165; 3/79, 101, 106, 108, 119, 120, 346, 449–451, 502, 666, 785, 916, 1060; 4/193, 439, 701, 705, 820; 5/18, 45, 222–224, 995
применение 1/6–8, 205, 342, 343, 897, 912, 932; 3/120, 278; 4/359, 1210
свойства 1/69, 120, 121, 128, 140, 254, 426, 596, 649, 756, 778, 783, 880, 929, 988, 1023, 1140, 1161, 1163; 2/5, 13, 115, 118, 119, 122, 137, 216, 236, 264, 297, 449, 499, 518, 627, 640, 648, 665–668, 672, 770, 941, 1093; 3/25, 78, 105, 107, 108, 111, 112, 118, 119, 121, 125, 133, 140, 157, 289, 449, 450, 521, 522, 547, 580, 602, 603, 691, 739, 1040, 1228; 4/34, 298, 343, 396, 421, 500, 527, 535, 738, 752, 801–805, 1139–1144, 1166; 5/56, 130, 135, 195, 196, 217, 221–223, 269, 439, 451, 544, 545, 551, 574, 642, 659, 680, 681, 752, 903, 985, 995

- смесь с гидроксидом калия 1/163.
стеклообразные матрицы 2/1034
Метилвый эфир, см. Диметилвый эфир
- 3-Метил-1,2,4-оксадиазол 3/673
2-Метил-2-оксазолин 2/698; 3/681
Метилксалоацетат 3/617–620
2-Метилксатан 4/426
3-Метилксиниллол 1/416
2-Метилксин 3/714
Метилксинпропилцеллюлоза 3/127
Метилксинран 3/730; 4/201–203
3-Метилксовалерат 3/617, 618
3-Метил-2-оксавалериановая кислота 4/1119
4-Метил-2-оксептановая кислота 4/1119
1-Метил-2-оксопиримидин-4-сульфоновая кислота 4/908
N-Метилтолы 5/1013
N-Метилтолакриламид 1/114
N-Метилтоламыды 1/230, 337, 452, 453
Метилтоламин 3/555
Метилтолеат 3/730
N-Метилтолетакриламид 3/69
трис-(Метилтол)метиламин 3/701
Метилтолопонамиды 3/1207
Метилтоламытат 3/876
Метилтопаратон 2/470
4-Метил-2-пентагон 3/114
3-Метилпентан 1/991
4-Метилпентен 5/983
3-Метил-3-пентенил-1-дифосфат 3/617, 618
4-(4-метил-3-пентенил)-3-циклогексенкарбалдегид 5/726
3-Метил-2-(2-пентенил)-2-циклопентен-1-он 2/251, 252
4-Метил-3-пентен-2-он 2/744; 3/25, 26
Метилпентены 1/140, 998, 999; 4/22, 23, 81, 198
3-Метил-2-пентил-2-циклопентен-1-он 2/251, 252
(+)-8-Метилпергидро-5-ниданон 5/544
Метилпероксид 3/975
Метилперхлорат 3/989
6-Метилпикволиновая кислота 3/1018
2-Метил-3-пиперидино-1-(4-толил)-1-пропанон, гидрохлорид 4/240, 241
Метилпиразолы 2/406
Метилпиридазины 3/1043
N-Метилпиридиния соли 2/22; 3/549, 1046
N-2-(6-Метил-3-пиридил)этиламин 3/110
N-2-(6-Метил-3-пиридил)этилдиолы 3/110
Метилпиримидинокарбоновые кислоты 2/1214
Метилпиридины 1/989; 2/798, 846, 1172; 3/1018–1020
N-Метил-4-пиридон 3/709
3-Метилпиримидин-2,4-дион 3/1051, 1052
N-Метилпиррол 4/1106
N-Метилпирролиды 3/120, 106, 107, 121, 1209, 1210, 1214, 1216, 1218, 1219, 1246, 1258, 1260; 1/420, 427, 931; 2/375, 777; 4/26, 44, 48, 60, 71, 611, 1202
1-Метил-2-пирролидон 3/120, 121
Метилпреднизолон 4/219
4-Метилпролин 3/924
2-Метилпропан 1/638
2-Метилпропаналь 2/1297
2-Метилпропановая кислота 2/643, 644, 1295
Метилпропанолы 1/640, 648–650; 4/801, 802. См. также Бутиловые спирты
Метилпропантолы 4/1136
2-Метилпропен 1/639
- 2-(2-Метил-1-пропенил)-4-метилтетрагидрионан 4/539
Метилпропеновые кислоты 1/1147, 1148; 2/643, 644; 3/70
Метилпропиламин 1/270
Метилпропилкетон 2/744
1-Метил-2-пропилпирролидон 3/1081
2-Метил-2-пропилпропан-1,3-диол, дикарбамат 3/61
Метилпропионат 4/206
O-Метилпсихотрин 5/948
6-Метилптерин 5/214
o-Метилпури 4/273
Метилрезерват-3,4,5-триметоксибензоат 4/439
2-O-Метилрибозиды 3/174
Метилродаид 4/1160
Метилртуть-катион 2/281, 282
Метилсалицилат 1/495; 2/1308; 4/495
Метилсесквиат 4/607
Метилсеребро 4/641
Метилсерия кислота 3/121, 1216; 1/988; 2/119; 4/525, 905. См. также Метилсульфат
Метилсилан 2/1020
Метилстерины 4/860
Метилстворы 3/121, 102, 122, 123, 127, 1265; 1/635, 719, 720; 2/380, 697, 705–707; 4/40, 869, 1027, 1087–1089; 5/133, 439
Метилсульфат 2/636; 3/119, 121; 4/905; 5/1009
Метилсульфонил 3/569, 570
бис-(Метилсульфонил)амин 4/897
Метилсульфонилгидроксилан 1/1094
Метилсульфонилкарбамид, соли 2/120
Метилсульфонилосигруппа 3/569
Метилсульфоновая кислота 1/476; 3/101, 102
Метилсульфоны 3/103
1-(4-Метил-2-сульфофениламино)-4-гидроксиантрахион 1/260
Метилтаурин 1/80; 4/990
Метилтестостерон 4/236
Метилтетрагидрондены 5/991
6-Метил-1,2,3,4-тетрагидроксипиримидин-2,4-дион 2/427
2-Метил-5,8,9,10-тетрагидронафтохион 1/532, 533
6-Метил-1,2,3,4-тетрагидропиримидин-2,4-дион 2/1156
5-Метилтетрагидрофольная кислота 1/39, 743; 4/1241
Метилтетрагидрофталевый ангидрид 5/964
N-Метилтетрантроанилин 1/154; 4/1111
Метилтетрафторфосфоран 3/123, 124
Метилтетрахлорфосфоран 3/124
2-Метилтиазолины 4/1126
2-Метилтиазолы 4/1117, 1126
2-Метилтиетан 4/1122
Метилтиран 3/733
13a-Метилтилохирзутидин 5/117
O⁶-Метилтимин 4/492
Метилтимоловый синий 3/124; 2/451; 4/936; 5/379
2-Метилтио-4-азидо-6-изопропиламино-1,3,5-триазин 1/1033
Метилтиогруппа 3/569
Метилтиодитиолия соли 2/179, 180
Метилтиометильная группа 2/325
2-Метилтиопирилийперхлорат 4/1144
3-Метилтиопропионовый альдегид 3/133
5-Метилтиорбозо-1-фосфат 1/39
N-Метилтиосемкарбазид 3/114
S-Метилтиосульфат 4/1149
2-Метилтио-4,5,6,7-тетрагидро-1,3-бензодитиольный диол 4/1154
Метилтиоурацил 1/340
5-Метилтиоурдин 3/174
- Метилтиофенолы 4/1151, 1156, 1159
Метилтиоцианат 3/102; 4/1167
α-Метил-м-тирозин 4/694
Метилтиоликарбинолы 3/122
Метилтрансферазы 3/596; 4/1241
Метилтриазолы 4/1251–1253
Метилтриацетоксисилан 2/1015, 1020; 4/445
α-Метилтриметиленгликоль 1/643–645
2-Метил-4-(1,1,2-триметилпропил)циклоксанон 1/697
3-Метил-5-(2,6,6-триметил-1,3-циклогексиденил)-чис, транс-2,4-пентадиеновая кислота 1/15
3-Метил-4-(2,6,6-триметилциклоксенил)-3-бутен-2-он 2/517
α-Метилтриптамин, гидрохлорид 4/267, 268
Метилтрифторвиниловый эфир 3/985
Метилтрифторгидридофосфоран 2/716
Метилтриформетилсульфон 4/933
Метилтрифторпропилсилоксан 1/1045
Метилтрихлорид 3/125. См. также Хлороформ
Метилтрихлорсилан 1/894; 2/1022, 1023, 1029; 3/126
Метилтриэтиламиний-л-толуолсульфонат 1/48
Метилтриэтоксисилан 1/171; 2/1020
Метилуксусная кислота 4/206–208
2-Метилудеканаль 3/118
Метилурацил 2/427, 1156; 3/813
Метилуретан 5/87
5-Метилурдин 3/174
Метилфенилат 4/267, 268
α-Метилфенилгидразин 1/505
Метилфенилдиметоксисилан 1/171; 2/1013
Метилфенилдихлорсилан 2/1022; 3/799
1-Метил-3-фенилидан 1/350
Метилфенилкарбонат 2/638
Метилфенилкетон 1/441
Метилфениловый эфир 1/304, 305; 5/1008
Метилфенилоксадназолы 3/674
3-Метил-1-фенил-3-пентагон 2/238
3-Метил-1-фенил-5-пиразолон 3/797; 4/256
3-Метил-1-фенил-5-пиразолон-4-азо-бензол 1/87
бис-[трис-(2-Метил-2-фенилпропил)олово]оксид 1/108
Метилфенилсульфон 1/112; 3/103; 4/933
4-Метил-2-фенил-2H-1,2,3-триазол 4/1252
1-Метил-5-фенил-7-хлор-2,3-дигидро-1H-1,4-бензодиазепин 4/1225
1-Метил-5-фенил-7-хлор-2,3-дигидро-1,4-бензодиазепин-2(1H)-он 4/1224, 1225
Метилфенилциклоксилан 2/1012
(R,S)-1-Метил-2-фенилэтиламинсульфат 5/116
N-(1-Метил-2-фенилэтил)-N-метил-2-пропиламин 3/254
3-(1-Метил-2-фенилэтил)сиднонмий 4/669
Метилфенолы 1/163; 2/1004, 1005; 5/136. См. также Гидрокситолуолы, Крезолы
2-Метил-3-фитил-1,4-нафтохион 1/749
Метилформамид 1/709; 3/360; 5/224
N-Метилформанил 1/1203; 4/1157
Метилформат 3/119, 120, 289, 640, 1031; 5/222, 223, 416
Метилфосфины 5/307
Метилфосфонистая кислота 3/111
- трис-(Метилфосфоно)амин 3/511, 512
Метилфосфононая кислота 3/112, 123
дифторангидрид 3/123
дихлорангидрид 1/1147; 3/111, 124
тетраметилдиамид 3/124, 125
O-этиловый S-2-(диизопропиламино)этиловый эфир 5/981, 982
2-Метилфталанинийдиол 5/376
2-Метил-1(2H)-фталазон 5/376
3-Метилфталевый ангидрид 1/156
Метилфторид 3/125; 1/948, 959; 2/118
Метилфторсульфат 5/409
Метилфторфосфононая кислота, эфир изопропиловый, см. Зарин
пикакопиловый, см. Зоман
Метилфторхлорфосфат 1/962
2-Метилфуран 5/429, 434
Метилхавикол 1/301; 5/1004, 1005
транс-5-Метилхинолидиний 5/523
Метилхинолиний-катион 2/119; 4/267
Метилхинолины 1/146; 5/225, 369, 535
N-Метилхинолоны 5/528, 529
N-Метил-л-хинолины 5/531
Метилхлорамин 3/678
1-Метил-4-хлорантрахион 1/156
Метилхлорбензолы 5/583
Метилхлорид 3/125, 79, 101, 108, 111–114, 120, 124, 126, 127, 133, 372, 760, 801, 993, 1244; 1/543, 645, 834, 948, 949; 2/10, 34, 122, 461, 811, 1018, 1023; 4/134, 1079, 1212; 5/459
Метилхлоркарбонат 2/187
β-Метил-α-хлормасляный альдегид 3/573
Метилхлорметилдихлорсилан 3/799
Метилхлорформ 1/715, 948; 5/12
2-Метил-3-хлор-1-пропен 3/72
Метилхлорсиланы 3/125, 126, 801, 1023
Метилхлор-1H-1,2,3-триазолы 4/1253
2-Метил-4-хлорфеноксиуксусная кислота 1/416; 5/585–587
4-Метил-4-хлорфенол 1/337
Метилцеллозоль(ы) 1/1209; 2/9, 627; 3/278; 4/175; 5/196, 659, 660, 668
Метилцеллюлоза 3/126, 125, 127, 159, 911; 1/19, 949; 4/888; 5/664, 667
Метилцан 1/117
Метилианид 1/437, 438, 948; 2/28, 297, 651, 777, 923, 933; 3/673; 5/439, 449
Метилилкены 1/600
Метилциклогексан 3/378, 380, 407; 4/1202; 5/122
4-Метил-1,2-циклогександиолдксим 5/723
Метилциклогексанолы 2/1004
Метилциклогексаноны 1/392; 2/1004; 5/543, 544
Метилциклогексен 1/709
3-Метилциклогексеноксид 3/731
4-Метил-4-циклогексил-2-пентагон 1/697
3-Метилциклопентадеканон 3/291
Метилциклопентадион 5/971, 972
Метилциклопентан 3/726; 5/722
α-Метилциклопентаноны 1/656
4-Метилциклопентен 4/169
3-Метил-1,2-циклопентенофенантрен 4/861, 862
Метилциклопропан 2/366
Метилцицинаматы 2/936
4-Метилцинолин 1/521
1-Метилцинолинийдиол 5/758
Метилцитозины 3/619, 620, 1051
6-Метилцинтраль 2/518
Метил ЦИМ 1/326, 327
Метильная группа 1/759; 2/325, 359, 362, 782, 787, 788; 5/976. См. также Мети
Метильный радикал 4/304, 418–421
4-Метилэвонил 1/416

- N-Метилэметины 5/948
 N-Метилэтанолламин 3/106
 3-Метил-3-этилаллил-1-дифосфат 3/617, 618
 Метилэтилацетилен 2/1108
 Метилэтилбензолы 3/127, 128; 2/438
 8-Метил-7-этил-1,2-бензофлуорен 4/861, 862
 Метилэтилкарбинол 1/648–650; 3/573
 Метилэтилкарбонат 2/638
 Метилэтилкетон 3/128, 471; 1/155, 440, 640, 648, 650; 2/34, 85, 744, 997; 3/917; 4/51, 396, 445; 5/195, 642, 817, 996
 Метилэтилмалоновая кислота 1/668
 N,N'-бис-(3-Метил-1-этилпентил)-1,4-фенилендиамин 1/333
 7-Метил-1-этил-4-оксо-1,8-нафтирдин-3-карбоновая кислота 3/385
 2-Метил-5-этилпиридин 2/407; 3/110, 487
 Метилэтилсульфат 4/905
 Метилэтилсульфид 4/911
 (±)-Метилэтилсульфосная кислота 1/667, 668
 Метилэтиллортионфосфат 1/961
 Метилэтилцеллюлоза 3/127
 сим-Метилэтилэтилен 3/917
 N-Метилэфедрин 1/389
 Метилэтановая кислота 1/726
 Метидион 4/240
 Метиновые красители 3/128, 129–132; 2/978, 1125; 4/23, 625, 626, 799, 1120
 Метоксарб 2/473; 3/252
 Метониллизилбраникнин 2/759, 760
 Метонил-тРНК-синтетаза 1/241
 Метонин 3/132, 133, 175, 199, 582, 619, 620, 926, 931; 1/39, 40, 119, 250, 254, 477, 482, 743, 1012, 1013, 1150; 2/407, 970; 4/190, 191, 219, 634, 911, 1075, 1139, 1241, 1260, 1261; 5/268, 591, 767, 768, 794
 активный, см. *S-Аденозилметионин*
 аденозилсульфоневая соль 4/930
 S-метилованный 3/134, 135
 Метонинаденозилтрансфераза 4/1242
 Метонинметилсульфонийхлорид 3/133, 134
 Метонинсульфоксид 3/133
 L-Метонин-S-сульфоксид 1/1152
 Метонинсульфон 1/1150; 3/133
 Метонин-энкефалин 2/1200; 3/765
 Метисазон 2/347; 4/218, 1149
 Метиллилин 2/1134
 Метки
 дейтериевые 2/26
 как индикаторы 2/26, 384, 385; 3/148, 149. См. также *Изотопные индикаторы*
 липидные 2/1184, 1185, 1187, 1190
 парамагнитные 4/790–792
 радиоактивные 2/384, 385, 1184, 1185, 1187, 1190; 3/589; 4/325, 335, 517; 5/270, 343. См. также *Меченые соединения*
 «репортерные» 2/1184
 спинные 1/42; 2/1190; 3/545, 546; 4/304, 790–792; 5/270
 температурные 4/1244
 трассеры 4/1244, 1245
 флуоресцентные 1/42; 2/1184, 1185, 1187, 1190, 1228; 3/589, 837; 4/968; 5/270, 770
 фотореактивные 2/1185, 1190
 Метмоглобин 3/175, 176
 Методы анализа и исследования. См. также *Анализ*, отдельные методы, включая именные, и их разделы биологические 1/549, 293
 гибридные 1/1067, 293, 295; 5/497
 дифракционные, см. *Дифракционные методы*
 кинетические, см. *Кинетические методы*
 радионидикаторные 4/327, 328
 ферментативные 5/147, 148–152, 916
 физико-химические 5/172, 173, 497, 498
 физические 5/180, 497, 498
 химические 5/489, 490
 хироптические 5/538–545
 хроматографические, см. *Хроматография*
 электрохимические, см. *Электрохимические методы*
 Метоклопрамид 4/393
 Метоксазол 2/605, 606
 Метоксан 5/745
 Метоксанилины 1/304
 1-Метоксинафтрахион-2-карбоновая кислота 3/523
 Метоксинафтрахионы 3/525
 Метоксинафтон 5/1000
 n-Метоксинацетофенон 3/134; 1/304, 441; 2/237
 n-Метоксинальдегид 1/311, 312; 2/787; 3/691
 3-Метоксисбензантрон 2/1228; 5/213
 n-Метоксисбензильная группа 2/325
 4-Метоксис-5-бензоилацетилбензофуран 2/973
 Метоксисбензол 1/304, 305
 β-(4-Метоксис-5-бензофуран)акриловая кислота 1/298
 3-Метоксигидроксикоричный спирт 2/1173
 β-(2-Метоксис-5-гидроксис)стириламины 3/923
 (m-Метоксис-п-гидроксифенил)ацетон 3/112
 Метоксигруппа 1/170; 3/569
 1-Метоксис-2,4-диоксопентан 1/742
 Метоксидилхлорфосфин 3/112
 Метоксидирование 3/521
 Метоксикарбонил 3/569
 Метоксикарбонил-1H-азепины 1/69, 70
 Метоксикарбонилникотиновые кислоты 5/527, 758
 Метоксикарбонилциклооктатетраен 4/206
 Метоксильирование 5/698
 4-Метоксис-6-п-метоксистирил-α-пирон 3/1075
 2-Метоксис-1,4-нафтохинон 3/707
 Метоксинитробензолы 1/304; 3/521, 522
 4-Метоксис-1-нитронафталин 3/547
 Метоксинперфторциклобутан 3/985
 Метоксинпиридины 3/1030
 Метоксинпиридины 3/709
 4-Метоксис-3-пренил-2-хинолон 5/529
 n-Метоксипропенилбензол 1/301; 4/1091
 2-Метоксис-4-пропенилфенол 2/407, 408
 γ-Метоксипропиламин 1/354
 Метоксипропилцеллюлоза 5/950
 α-Метоксипропионат 3/105
 n-Метоксипропиофенон 1/301
 Метоксипоралены
 5-изомер, см. *Бергаптен*
 9-изомер, см. *Ксантоксин*
 Метоксисиланы 2/1022; 3/111
 4-Метоксис-6-стирил-5,6-дигидро-α-пирон 3/1075
 n-Метоксистирол 4/693
 6α-Метоксистеркарцидин 2/1135
 2-Метокситриазины 1/1033
 5-Метокситриптамин, гидрохлорид 4/327
 4'-Метоксис-2-фенил-1,3-нидаиднон 2/439
 1,1-бис-(n-Метоксифенил)пропан 1/301, 302
 (n-Метоксифенил)пропанолы 1/301; 2/773
 1-(o-Метоксифенил)-1-пропен 1/955
 Метоксифенолы 1/235, 336, 987, 988; 4/91; 5/1008
 Метоксифенон 1/1026
 Метоксифуран 4/812
 Метоксифурохромоны 1/534; 2/1086, 1087
 6-Метоксис-4-хинолинкарбоновая кислота 5/522
 Метоксихлор 2/469
 Метоксис-4-хромон 2/973
 1-Метоксис-1,3,5-циклогептатриен 3/846
 2-Метоксизетанол 3/692
 Метоксизиммеркурсульфид 4/247
 Метоксизитилцеллюлоза 3/127
 Метоксизетоксиметильная группа 2/325
 2-(2-Метоксизетоксис)этанол 2/537
 Метоксурон 1/1030; 2/37, 38
 Метол 1/268, 720, 833, 1116; 3/107; 4/253, 254, 695; 5/452, 456
 Метомил 2/473
 Метон 2/112
 Метопрен 5/1014
 Метопролол 1/49, 50
 Метотрестат 1/751; 2/426; 4/235, 270, 1096; 5/216
 Метофас 3/126
 Метофоллин 5/119
 Метоцел 3/126, 127
 Метрибузин 1/1033; 4/1250
 Метризамид 4/478
 Метризоат 4/478
 Метриол 4/207, 208
 Метрифонат 4/225
 pH-Метрия 3/134, 135, 136; 2/292; 4/155, 627
 pX-Метрия 4/155
 Метрология химического анализа 3/136, 137–140; 1/292, 294, 295, 917, 918; 2/291, 856; 4/182; 5/877–879. См. также *Обработка результатов эксперимента*
 Метронидазол 4/233, 239
 Метрополиса схема 3/214, 215
 Метсульфуронметил 1/1031; 4/932
 Мефеновая кислота 1/297; 4/219
 Мех
 дубление 2/234, 235, 236; 4/979; 5/143
 искусственный 3/1244
 крашение 2/998, 999, 1093; 3/244, 519, 523, 694, 695, 1057; 4/1130, 1199; 5/124
 Механика
 квантовая, см. *Квантовая механика*
 молекулярная 3/219, 220, 330; 2/910, 911
 физико-химическая 5/171, 172
 Механизмы
 иммунитета, см. *Иммунохимия*
 катализа 2/662–664; 3/79, 80
 коррозии металлов 2/953–956
 люминесценции 2/1220, 1221
 проводимости металлов 2/1317
 разрушения твердых тел 4/252
 реакций 3/140, 141–143, 602–604, 653, 788, 839, 933; 1/4, 1185, 1186; 2/26, 313, 759; 4/176, 177, 295–298, 414–416, 721, 722; 5/351, 352, 682–685. См. также отдельные реакции, перегруппировки и их типы
 – галогенофильный 3/981
 – гарпунный 3/142
 – в планировании эксперимента 3/1112, 1113
 – на поверхности потенциальной энергии 3/1175–1178
 – и правила Вудворда–Хофмана 3/235, 236
 – и реакционные серни 4/417
 – и сольватированный электрон 4/751
 – и сининовые эффекты 4/790
 – и теория активированного комплекса 1/124
 – карбонный 4/415, 416
 – «пинг-понг» 2/365
 – сембензильный 5/96
 – ядерных 5/1020, 1021
 – ANRORC 2/314
 Механическая алага 4/954
 Механическая связь, см. *Катенаны*
 Механические искры 3/1189
 Механические процессы (методы) 3/144. См. также отдельные типы биомембранных 1/560, 561
 газовый анализ 1/914, 915
 деструкция полимеров 2/39, 40
 легирование 2/1154
 миграция химических элементов 1/1018
 напорное перемещение жидкостей 3/342–344
 обработка слитков 4/807, 808
 очистка газов 1/898–900, 931
 – мембран 3/39
 – стокос 3/857–589
 перемешивание 3/940–943, 945
 переработка полимерных материалов 3/1114, 1115; 4/9, 16, 17
 полирование поверхностей 4/33
 равновесие в системе 4/1073
 распыливание 4/347, 348
 сплавление 3/147
 хемосорбция 3/147
 Механические свойства материалов 3/144; 2/706, 708; 3/1122, 1123, 1125, 1126
 вязкостные, см. *Вязкость*
 деформационные, см. *Деформация*, *Реология*
 долговечность 2/1133; 3/144; 4/251
 жесткость 3/144–146
 и огнестойкость конструкций 3/647
 и химические превращения, см. *Механохимия*
 прочность 4/250, 251, 252; 2/667, 668, 702
 твердость 4/998, 994, 999
 фрикционные, см. *Трение*, *Трибохимия*
 Механохимия 3/145, 146, 147; 2/146
 активация веществ 2/478
 в неорганическом синтезе 3/420
 и механические свойства материалов 3/144, 145
 и поверхностные явления 3/1173
 и радиационно-химические превращения 4/295
 и химическая кинетика 2/756; 3/429
 кристаллов 2/52
 полимеров 2/39, 40; 3/1114, 1115; 4/822
 трибохимия 4/1256, 1257
 Механоэлектроты 5/836
 Мецилламин 2/1135
 Меченые соединения 3/148, 149, 254, 272; 1/1179; 2/388, 810, 811, 1172, 1252, 1317; 4/335, 337, 517, 968, 969, 1226; 5/213, 269, 270, 630, 1016, 1023. См. также *Метки*
 индикаторы, см. *Изотопные индикаторы*
 трассеры, см. *Трассера метода*
 Мешалки 2/146; 3/940–945
 Мнанбутол 5/973
 Миансерин 1/325, 326
 Миарсенол 3/318

- Миграция**
атомов и их групп 2/182, 598, 599, 628, 965, 1252; 3/33, 513, 534, 606; 4/29, 30. См. также *Переуплировки*
генов, см. *Мигрирующие генетические элементы*
красителей и пигментов 2/994, 997, 1001, 1002
кратных связей 1/752; 2/621, 1080; 3/324
радиоуклидов 2/1254
химических элементов 1/1015–1021; 2/789
частиц в микрофотографии 4/506
энергии возбуждения люминесценции 2/1062
- Мигрирующие генетические элементы**
3/149, 150–152, 212, 301, 1096; 1/1012, 1014; 4/452
- Мидантан** 4/237
- Мидокалм** 1/238; 4/240, 241
- Миелин** 3/48, 49
- Миелобромил** 4/234
- Миелосан** 4/234
- Мизеротоксин** 5/1054
- Мизеса критерий** 4/486
- Микаминоза** 1/264
- Микамицины** 2/34; 3/924, 925, 927
- Микетрены** 2/1095
- Микогептин** 4/227, 228
- Миколовая кислота** 1/826, 1137
- Миколектины** 2/1162
- Микоазол** 4/228, 229
- Микосептин** 4/230
- Микоспор** 4/228, 229
- Микостатин** 3/499
- Микостерины** 4/859
- Микотоксины** 3/152, 153–155, 724; 2/605, 606
- Микроанализ**
автордиография 4/326
ионный 2/511, 512, 1212
катодолюминесцентный 2/702, 703, 1212, 1213
качественный 2/711
количественный 2/856
локальный 2/1212, 1213; 4/777
спектральный 4/777, 778
химический, см. *Микрохимический анализ*
- Микробарит** 2/330
- Микробиологические процессы**
действие бактериальных клеток, см. *Микроорганизмы*
депарафинизация 2/34
деструкция полимеров 2/40
самовозгорание 4/573
синтез 3/155, 156, 157, 212, 441, 596, 627, 1090; 1/483, 555, 1101, 1123; 2/463, 538, 657, 960, 1176; 4/525; 5/35, 111. См. также *Биотехнология*, *Инженерная энзимология*
трансформация органических веществ 3/157
- Микроблочная полимеризация** 4/953
- Микроволновая спектроскопия** 3/157, 158; 4/334, 884
- Микрогетерогенные системы** 1/1049, 1158; 2/661
- Микрография** 4/501, 506, 507, 509
- Микрозонды** 2/702, 712
- Микроинтерферометрия** 5/769
- Микрокалориметрия** 2/576; 4/1086
- Микроаналитический ансамбль Гиббса** 4/823–825
- Микрокапсулирование** 3/158, 131, 132, 159, 160, 712, 993, 1010, 1013, 1174; 2/818, 819; 5/161. См. также *Капсулирование*
- Микрокатарометры** 2/609
- Микроклин** 3/1192
- Микроколоночная хроматография** 2/45, 294
- Микрокристаллоскопия** 3/160, 819
- Микролегирующие** 2/1154
- Микролиты** 2/997; 3/1077; 4/979
- Микроорганизмы**
анаэробные 5/662
ассимиляция азота 3/503, 504
вакцина БЛЖ 2/427
«взвешенные», улавливание 4/283
гены и геномы 1/1010, 1014; 3/149–152, 1096, 1097; 4/450–452, 496
и биосенсоры 4/628
и биоданные присадки 4/174, 175
и брожение 1/608–611, 649; 5/995
и водоподготовка 1/770, 787
и выпалчивание 1/867–869; 3/7
и гидрометаллургия 1/1104
и ионоselectивные электроды 2/522
и коррозия металлов 1/549; 3/1179, 1189
и β -лактамы антибиотиков 2/1134–1136
и смягчители кожи 2/836
и очистка стоков 3/861, 1169, 1170
и пестициды 2/468; 3/994
и окисление ПАВ 3/1169, 1170
и пластичные смазки 3/1124
и полисахариды 2/30, 31; 3/749; 4/35
и рацемизация 2/364
и расщепление рацематов 4/391
– сульфонов 4/928, 929
и самовозгорание веществ 4/573
и синтез белков, см. *Трансляция*
– нуклеиновых кислот, см. *Репликация*, *Транскрипция*
– промышленных продуктов, см. *Биотехнология*, *Микробиологический синтез*
и синтетические каучуки 2/708
и старение полимеров 4/822
и удобрения, см. *Бактериальные удобрения*, *Органические удобрения*
и ферментация 1/554, 555; 5/149, 151, 152
и флокулянты 5/204
и фталаты 3/1117
и фтортензиды 5/395
и хемосинтез 1/558
и целлюлазы 5/662
и экспрессия генов 5/818
избирательное окрашивание 3/834
как иммуностимуляторы 2/427
как коагулянты 2/818
кислотоупорные 1/826
клетки иммобилизованные 2/463, 464
– мембраны, см. *Биомембраны*
– состав 1/826, 1130, 1131, 1137, 1149, 1152; 2/20, 232, 302, 303, 306, 656, 971–975, 1195–1198, 1262; 3/584; 4/426–428, 519–522, 1119
метаболизм 1/1142, 1210, 1211. См. также *Обмен веществ*
нейтрализация и антита 2/424
нитратное дыхание 3/503
нитрифицирующие 2/568; 4/621
пантотеинотрофные 3/879
плазмолит 3/829, 830
рост, факторы 1/644; 2/1192, 1193; 3/567; 4/270
свечение, см. *Люминесценция*, *Хемилюминесценция*
структура, репарация 4/492, 493
термофильные 5/153
токсины 1/603, 604, 1194
трансформация 4/1242–1244
фотосинтезирующие 5/573. См. также *Фотосинтез*
- Микропоры** 1/58, 59; 4/130, 131
- Микрогеология** 4/489, 490
- Микрокопическая константа скорости** 1/547; 2/125
- Микроскопия**
коллоидов, см. *Ультрамикроскопия*
криогенная 5/581
лазерная 2/867
поляризационная 3/168
просвечивающая 5/893
растровая 5/877
трансмиссионная 5/869–871, 873, 874, 877, 893
тунильная сканирующая 5/26, 28, 842, 874
флуоресцентная 5/77
электронная 5/869, 26, 870–874, 893; 2/190, 743, 1212, 1213; 3/168
- Микроспектрофотометрия** 5/769
- Микротахтичность** макромолекул 4/849
- Микротрение, фактор** 2/193
- Микроудобрения** 3/160, 172, 173; 2/213, 583, 584, 624, 822; 5/54, 755, 756. См. также отдельные виды, *Микроэлементы*
- Микрофильмирование** 4/506
- Микрофильтрация** 1/770; 2/196, 1300; 3/39–41, 45, 57
- Микрофотометры** 4/778
- Микрохимический анализ** 3/161, 786; 1/292, 293; 5/68, 780, 781, 873, 878–880. См. также отдельные физические, физико-химические и химические методы
взвешивание 1/686–688, 700, 701; 4/158
бесстружковый 3/431
ионный 3/431
капельный 2/606, 553, 607, 711; 1/542; 3/161, 431
качественный, см. *Качественный анализ*
количественный, см. *Количественный анализ*
микрокристаллоскопия 3/160, 819
неорганических веществ 2/711
органических соединений 2/960, 1108; 3/795, 797; 4/158, 159
реагенты 2/1224, 1230, 1249. См. также *Реагенты органические*
элементный, см. *Элементный анализ*
- Микрохимия, см. Цитохимия**
- Микроцистостоксины** 5/1051
- Микроэлементы** 3/161, 171–173, 475, 789; 1/121, 550; 5/54. См. также *Микроудобрения* и их отдельные виды
и канцерогены 2/606
и обмен веществ 3/611, 624
концентрирование 2/916
определение 2/292, 293
- Микроэмульсии** 3/161, 162, 163, 185, 1167; 1/1049; 2/153, 859; 4/753; 5/466, 949
мицеллярные, см. *Мицеллообразование*, *Мицеллярные системы*
моющее действие 3/283
реология 4/487
самопроизвольные 3/1166, 1172
- Миксиниол** 2/281
- Миксотиназол** 2/242
- Микстозные поражения** 3/842, 843
- Милеран** 2/605
- Миллатан** 5/86
- Миллера индексы** 2/189, 1065; 5/894
- Миллерит** 3/472, 486
- Милликса уравнение** 1/447
- Миллицист** 5/251
- Миллона**
основание 4/545
реакция (реактив) 3/163; 1/475; 4/1170
- Милори** 2/268, 990
- Милурит** 1/188
- Милфурам** 5/420
- Мильтаун** 3/61
- Миметизит** 1/382
- Мимозин** 3/710
- Минарсон** 3/318
- «Миниастриин»** 1/982
- Миндальная кислота** 1/670; 3/708; 5/762
- Миндальное масло** 3/302; 4/377–380, 383, 721
- Минерализация**
в химическом анализе 3/168, 169, 170; 4/179
вод 1/768. См. также *Минеральные воды*
«Минералогическое правило фаз» 5/99
- Минералокортикостероиды** 4/862, 863
- Минералы** 3/163, 164–168; 2/607, 712; 4/434, 435, 545; 5/105. См. также *Горные породы*, *Кристаллохимия*, *Полезные ископаемые*, *Руды*, *Индивидуальные соединения* и их виды
баланс CO₂ 2/637, 638
иризация 3/1192
как дисперсные системы 2/153; 3/164
как изоморфные смеси 2/371; 4/1002–1006
как твердые соли 2/332
метамиктные 3/164, 1077
полиморфизм 3/164; 4/23, 24
правило фаз 5/99
прорастания 3/1192
- Минеральная химия** 3/411. См. также *Неорганическая химия*
- Минеральные воды** 3/170, 171, 1193; 1/768, 769, 1115
- Минеральные материалы**
вата 2/327; 4/1041, 1042
волокна 2/327, 328
вяжущие 1/870, 871
кислоты, см. *Кислоты неорганические*
клеи 2/800, 801
красящие, см. *Пигменты*
масла, см. *Нефтяные масла*
туки, см. *Минеральные удобрения*
угольные пастовые электроды 1/810
- Минеральные удобрения** 3/171, 172, 173, 863; 4/138, 648; 5/54, 55. См. также *Удобрения*
жидкие, см. *Жидкие удобрения*
и кислотность почв, см. *Известковые удобрения*
микроукуки, см. *Микроудобрения*
простые, см. *Азотные удобрения*, *Калийные удобрения*, *Фосфорные удобрения*
сложные, см. *Комплексные удобрения*
- Минимальное взрывоопасное содержание кислорода** 3/1187, 1188
- Минерные соединения**
липиды 2/141, 1188, 1195–1198. См. также *Фосфатидилисерин*
нуклеозиды 3/173, 174, 175, 586, 591–593, 597, 1051; 2/1084; 4/275, 276, 522, 1238, 1239; 5/450, 451
- Миноциклин** 4/1110
- Минтакол** 5/242
- Минтезол** 4/225, 226
- Минутный объем дыхания** 2/242
- Миоплобин** 3/175, 176; 1/470–472, 474; 2/240; 5/46
- Миозин** 3/176, 177, 178, 199; 1/470, 471, 558; 4/1193
- Миноцистит** 2/1189
- Миорелаксанты** 2/401, 1105, 1106; 5/115, 591
- Миотизал** 5/242
- Миотропные соединения** 1/1120; 4/1195
- Мирабилит** 1/851, 956; 3/347, 361, 362; 4/630, 904

- Мирак-альдегид 5/725
 Мирбановое масло 3/526, 527. См. также *Нитробензол*
 Мирекс 1/997, 998
 Миристиловый эфир 3/876
 Миристиновая кислота 1/863, 864; 2/303, 307, 643, 644; 3/1186; 4/377, 580, 990; 5/551
 Миристоилдидецин 2/304
 Миртенол 4/1090
 Мишен 3/178, 1027; 1/1024, 1180; 4/714, 1092; 5/726, 1004
 Мирицаль 3/178
 Мирценол 2/1180
 Мирэйфан 3/1139
 Мисклерон 2/812
 Миссенс-мутация 3/300
 Мицелла 5/1005
 Митак 1/107
 Митины 2/474
 Митозан 3/178
 Митохондрины 3/178, 179; 1/320; 4/236; 5/449
 Митцунерт 5/993
 Митчелла гипотеза 1/560, 561
 Михаэлиса
 комплекс 5/152–154
 константы 2/690, 849; 4/150, 1268; 5/148, 154, 157
 pH-функция 5/155
 Михаэлиса-Беккера реакция 3/179, 180; 5/260, 276, 312
 Михаэлиса-Ментен уравнение 5/154
 Михаэля реакция 3/180, 181, 502, 555, 556, 604, 1079, 1229; 1/181, 391, 440; 2/105, 107, 112, 621, 642, 647, 733, 746, 889, 1081, 1275; 4/177, 529; 5/709
 Михлера
 гидролиз 3/181; 5/648, 649
 кетон 3/181, 572; 1/154, 238, 367, 530; 2/1057
 Мицеллообразование 3/181, 182–184, 1163; 2/331, 1183; 5/153, 950, 973, 974
 ассоциаты, см. *Мицеллы*
 в системах, см. *Микромульсии, Мицеллярные системы*
 и моющее действие 3/283, 284
 и нефтеотдача пластов 3/1168
 и ускорение реакций, см. *Мицеллярный катализ*
 критическая концентрация 3/182, 183, 301, 302, 1163, 1166; 4/580; 5/394
 Мицеллы 2/331, 332, 336, 395; 3/181–183, 301, 302. См. также *Мицеллообразование, Мицеллярные системы*
 глобулярные 2/1266
 обращенные 3/184–186
 ПАВ 2/216, 331, 859, 1183; 3/162, 163, 181–186, 283, 284, 375, 1167, 1176; 4/20, 698–700
 – и ускорение реакций, см. *Мицеллярный катализ*
 с мембранными ферментами 2/395
 функциональные 3/186
 Мицеллярные системы 3/184, 185, 1162, 1163; 2/153, 155, 331, 332
 и ПАВ, см. *Мицеллообразование, Мицеллы*
 и ускорение реакций, см. *Мицеллярный катализ*
 растворы 1/1001; 2/987, 1177; 3/185; 5/269
 эмульсии, см. *Микромульсии*
 Мицеллярный катализ 3/185, 163, 186; 2/661
 «Мицубиси»-процесс 3/1070
 Мицубу
 реагент 3/186, 187
 реакция 3/186, 187; 4/1135
 Мишера синтез 1/457
 Мишметалл 2/1146; 3/410; 4/157, 435, 436, 571; 5/696
 М-кислота 1/257
 Мнелкофеиноксат 1/441
 Многомонное детектирование 5/629
 Многоканальные формователи пучков 3/237
 Многокомпонентные системы 3/187, 188, 189
 водно-солевые 3/188; 4/353
 диффузия 2/196
 законы Коновалова 2/899
 избирательность анализа 2/347
 координаты Йенке 3/188; 4/358
 разделение 2/161, 1039–1046; 4/458–461
 расплавы 4/345, 346
 растворы электролитов 4/375, 376
 с азеотропизмом 1/68, 69
 состояние, диаграммы 2/55, 56, 62–64; 4/358; 5/16, 97–99, 101
 – критическое 2/1077
 – параметры 3/885
 – стандартное 4/818
 эмульсии, см. *Микромульсии*
 Многопараметрический вычислительный газовый анализ 1/917
 Многоподовые печи 3/999, 1003
 Многосторонние удобрения, см. *Комплексные удобрения*
 Многофотонные процессы 3/189, 190, 191, 209, 239, 529; 2/5, 728, 1311; 5/331, 357
 Многофункциональные материалы
 присадки 1/286; 4/171, 174
 смазки антифрикционные 1/345
 – пластичные 3/1125, 1126
 Многоцентровые связи 1/665; 2/919, 1172; 3/80, 82, 204; 5/463, 876
 Многочастичные межмолекулярные взаимодействия 3/19–21
 Многоядерные соединения 4/96–98
 Мобилон 4/49, 50
 Мобил-процесс 2/664
 Мобильные гены 3/149–152
 Мовенин 3/191, 192, 785; 1/76; 2/976
 Мовилит 3/1223
 Мовитали 3/1222, 1223, 1231, 1232
 Модакриловые волокна 3/192
 Модан 1/1027
 Модели(ы). См. также *Моделирование*
 адаптивные 3/197
 адсорбции 1/56–60; 2/688, 691, 692; 3/1159
 атомных ядер 5/1033
 биографически неоднородных поверхностей 2/691
 Борна 4/374
 векторная ЯМР 5/1026, 1027
 вытеснения и перемешивания 1/1105, 1106, 1165
 гармонического осциллятора 2/852, 853
 Дебая 3/66
 детерминированные 3/195–197, 1112
 диффузионные 1/1106
 Дрейдинга 3/227
 заряженных твердых сфер 4/375
 Каргина-Слонимского-Рауза 4/490
 каркасные 3/227
 квазикимические жидкостей 2/301
 Кекуле-Вант-Гоффа 3/227
 континуальные 4/408, 409
 «Курто» 3/228
 Ленгмюра 1/56, 57, 59, 60; 2/688, 691, 692; 3/1159
 массообмена 2/1302–1305
 математические, см. *Математическое моделирование*
 межмолекулярных потенциалов 3/20, 21, 390, 391, 468; 4/763
 металлов 2/2
 механических соударений, см. *Горючие атомы*
 мицеллообразования 3/183, 185
 молекулярные 3/227, 228, 229
 Нернста 5/169
 объемные 3/227–229
 орбитальные 3/227
 Оствальда-Вейля 3/947
 растворов 4/367–369, 375
 реактивного поля 4/749
 Ребиндера-Щукина-Марголиса 4/137
 решетчатые 4/829, 831
 Сен-Венана 4/486
 символические 3/322
 скелетные 3/227
 сольватации 4/748, 749
 СРК 3/228, 229
 статические 3/194, 195
 стохастические 3/193, 194
 структуры потоков в аппаратах 4/881, 882, 1245
 Стюарта 3/228
 Стюарта-Бриггса 3/228, 229
 топологические 1/1197–1201; 3/322
 фармакокинетики 5/110
 Физера 3/227
 Фишера-Хиршфельдера-Тейлора 3/228
 фоновых спектров 3/66
 Фридмана 4/375
 Хартли-Робинсона 3/228
 Шведова-Бингама 3/947
 Эйнгштейна 3/66
 Эйринга 3/947
 «Эутои» 3/228
 ячеечные 1/1106
 Моделирование 3/192, 193–197; 5/194, 830. См. также *Модели гипотетических систем*
 и масштабирование 2/1320, 1321
 и оптимизация 3/197, 771
 и теория подобия 3/193, 1183
 – – – – – растворы 4/367–369
 математическое, см. *Математическое моделирование*
 структур кристаллических 2/1054, 1055
 – молекулярных, см. *Молекулярная динамика*
 физическое 3/193
 Модели 5/1051
 Модификации (реакции, перегруппировки)
 Адамса 1/983
 Айнхорна 5/786
 «амидная» 2/1213, 1214
 Бейера 2/9
 Бена 5/369
 Борше-Рида 5/370
 Гельфериха 2/732
 Дёбнера 2/813
 Джонсона 4/536
 Йейла 4/720
 Киндлера 1/708
 Кнёвенангеля 1/980
 Кориблума 3/33
 Коупа 2/813
 Ле Энафа 4/760
 Марассе 2/864
 Мартини 2/810
 Мервейна-Понидорфа-Верлея 3/11
 монотропные 4/24
 Неишкого 5/369
 Ольхоро 3/966
 Перрье 5/369
 полиморфные 2/1025–1027; 4/23, 24, 105
 полиотопные 4/23, 24, 45, 46
 Родионова-Кравченко 4/536
 Стефена 4/539
 Тимана 5/793
 Титова 2/900
 Фиттига 1/869; 3/966
 Хинкеля 1/983
 Хуанг-Минлона 2/751
 Шрёдера 2/732
 энантиотропные 4/24
 Модифицирование (изменение видов свойств, состояния) 5/208, 629, 824, 834
 адсорбентов 1/884
 алкалоидов 2/171, 172
 белков 3/197, 198–200; 1/475–482, 1012; 2/395, 857; 4/1231; 5/818
 бетонов 3/1169
 ДНК 4/510, 276, 509. См. также *Мутагены, Мутации*
 древесных 3/200, 201
 канифоли 2/602
 катализаторов 4/193
 клеев 2/799, 801–804, 807–809
 крахмала 2/989
 кронов 2/1079
 латексов 2/1149, 1150
 люминофоров 2/1228
 металлов и сплавов 1/208; 2/257, 1154
 нуклеозидов 3/173, 175, 595–597
 олигомеров 3/743
 пигментов 3/1012
 пластичных смазок 3/1126
 поверхностей 2/321, 1183; 3/240, 1101; 4/172
 полимеров, см. *Модифицирование полимеров*
 при зарождении новой фазы 2/319; 5/323
 резин 2/286
 ферментов 2/395; 4/430
 целлюлозы и ее эфиров 2/629; 4/196
 электролов 5/842, 847
 Модифицирование полимеров 3/201, 35, 72, 110, 202, 203, 282, 445, 646, 1194, 1197, 1198, 1221, 1264; 1/151–153, 650, 1209; 2/206, 285, 868, 1014, 1015; 4/20, 23, 81, 87, 90, 166, 167, 169, 734, 870, 918, 1000, 1002, 1088, 1090; 5/22, 72, 73, 134, 137, 138, 236, 256, 358, 430, 660
 введенным реагентам, см. *Наполненные полимеры, Пластификация полимеров, Стабилизация полимеров*
 радиационное 4/291, 293
 структурное 3/201, 202. См. также *Ориентированное состояние полимеров*
 химическое 3/201–203. См. также *Вулканизация каучуков, Деструкция полимеров, Отверждение полимеров, Полимераналогичные превращения*
 Модмор 5/49
 Модуль(и)
 Вейбулла 2/903
 диффузионный 5/156
 кремнезёмный 4/834, 841, 842
 напылительные 3/335
 сдвига 4/663
 Тиле 5/156
 упругости 3/1121; 4/441, 663, 888, 998. См. также *Юнга модуль*
 Мозаичные структуры, см. *Структурообразование*
 Моли закон 3/955
 Мозольная жидкость 4/569
 Мойяветоксин 5/1036
 Мокрые методы (процессы)
 анализ жидкостей и растворов 2/709
 атмосферная коррозия 1/401
 газоочистка 1/898, 899, 902, 931
 измеление 2/351, 358
 приготовления удобрений 2/870
 тушения кокса 2/841, 842
 Мокрые устройства
 газгольеры 1/876, 877

- пылеуловители 4/282, 283, 286
термометры 1/756, 906; 2/542; 3/1185
Моксэстрол 5/972
Молекулы 3/203, 204–210
ансамбли 4/858
ахиральные 5/538
вес 3/216, 217
взаимодействия, см. Межмолекулярные взаимодействия
волновые функции, см. Волновые функции, Шрёдингера уравнение
волчковые 1/758, 759, 834–836
вращение, см. Внутреннее вращение молекул
графы 1/1197–1200
динамика, см. Динамика элементарного акта, Молекулярная динамика
диссоциация 2/158, 529
дифильные 2/331; 3/1160; 4/127
диффузия 1/60; 2/164, 1298–1300; 3/39, 214, 215
жесткие 1/834; 3/391–393
и атомы, см. Атомы
идентификация 2/345, 346. См. также Молекулярный анализ
изоморфизм 2/370, 371
изотопозамещенные 2/387, 388, 392, 393
интегралы 3/222, 223, 390, 468; 1/925, 1066; 2/723, 1210; 4/119, 120, 122
ионы 2/1252, 1309–1311; 3/204, 346. См. также Ионизация, Ионизирующее излучение
как спиральные проводники 1/619
комплексы, см. Молекулярные комплексы
конфигурация, см. Конфигурация молекул
конформации, см. Конформации молекул
кристаллы, см. Молекулярные кристаллы
линейные 1/834, 835
малые 5/364
масса, см. Молекулярная масса
материнские, см. Горячие атомы
механика, см. Молекулярная механика
модели 3/227, 228, 229
моменты, см. Дипольные моменты, Квадрольные моменты
монослой, см. Мономолекулярный слой
напряжения 3/330, 331–334; 1/142; 2/909, 910; 4/76; 5/719, 721, 725, 732, 739, 744
нежесткие 3/391, 207, 392–394, 468; 1/836; 2/98, 729, 925, 1223; 4/46, 691, 1215; 5/701, 702
неполярные 2/142, 147
орбитали, см. Молекулярные орбитали
перегруппировки, см. Молекулярные перегруппировки
полимеров, см. Макромолекулы, Молекулярная биология
политопные 3/392, 393
полужесткие 3/392
поляризуемость 2/147, 865–867; 3/209; 4/124–126
полярные 4/126, 124, 125, 127; 2/140–143, 912, 913; 3/18–20, 22; 5/462
потoki в вакууме, см. Молекулярных пучков метод
превращения, см. Ионно-молекулярные реакции, Реакции химические
предиссоциация 4/159, 160, 161; 2/728
прекурсоры 1/1053
присоединение воды и растворителя, см. Гидратация, Сольватация
радиационные характеристики 2/726, 727
прохиральные 5/538
реакционная способность 2/724
силовая постоянная 2/852
симметрия, см. Симметрия молекул
состояние(я) виртуальное 2/865
– возбужденные, см. Возбужденные состояния
– квазисвязанные 3/206
– квантовые, см. Квантовые состояния
– метастабильные, см. Метастабильные состояния
– сверхвозбужденные 2/501
– статистическая сумма 4/827, 828
спектры, см. Вращательные спектры, Колебательные спектры, Молекулярные спектры, Электронные спектры
сродство к электрону 4/813, 814
столкновения, см. Столкновения теория
структура(ы) 3/206–210
– геометрия 2/188–191
– изображение, см. Формулы химические
– пространственная и скорость реакций, см. Динамическая стереохимия
– –, соответствие, см. Комплементарность
– резонанс 4/446, 447
топология 2/906; 4/1214, 1215
«узнавание» 3/787, 791, 792
г-фактор 2/330
хиральные, см. Хиральность
электронная корреляция 2/904, 905
– плотность 1/1066
электроотрицательность 4/153
энергия 1/665–667, 759, 760; 3/219; 5/461, 641, 645–650
– уровни 3/228–330, 852–855. См. также Вырождение энергетических уровней
Молекулярная биология 3/210, 211, 212, 594; 1/559
Молекулярная генетика 3/211; 4/1242–1244
Молекулярная динамика 3/213; 2/125, 126, 301, 859; 4/367, 408, 829, 832; 5/71, 72, 475
Молекулярная масса 3/215, 204, 216
определение 2/293, 1033; 5/800
полимеров 3/217, 204, 218, 219, 827, 1232, 1256–1258, 1266; 2/703, 1263, 1268; 4/307, 488, 514; 5/226, 425, 426. См. также Молекулярно-массовое распределение
регуляторы 3/827, 1253
Молекулярная механика 3/219, 220, 330, 786
и конформации молекул 2/910, 911
и молекулярная динамика 3/213
полумпирические методы 4/120
твердофазных реакций 4/412
Молекулярная постоянная магнитного вращаения 5/108
Молекулярная спектроскопия. См. также Молекулярные спектры
инфракрасная, см. Инфракрасная спектроскопия
лазерная 2/1120, 1121
микроволновая 3/157, 158; 4/334, 884
оптическая 3/220, 209
поглощения, см. Спектрофотометрия
ультрафиолетовая, см. Ультрафиолетовая спектроскопия
фотоэлектронная, см. Фотоэлектронная спектроскопия
Молекулярная теоретическая тарелка 2/164, 165
Молекулярная теория растворов 4/367–369
Молекулярная топологическая форма 2/906
Молекулярно-динамические эксперименты 3/213
Молекулярно-диспергированные ПАВ 3/1162, 1163
Молекулярно-ионная таутомерия 1/784
Молекулярно-лучевая эпитаксия 2/452–454; 3/335
Молекулярно-дисперсное распределение 5/176
Молекулярно-массовое распределение 3/220, 204, 218, 221, 742, 1093, 1115, 1256, 1258, 1266; 2/299, 703, 859, 1263; 4/308, 488, 661; 5/226, 425, 813, 815, 817
Молекулярно-пучковая эпитаксия 4/113, 116
«Молекулярное узнавание» 3/787, 791, 792
Молекулярность реакции 3/221, 222; 4/415
«Молекулярные болезни» 3/212
Молекулярные графы 1/1197–1200
Молекулярные жидкости 2/300; 3/208, 427; 5/860
Молекулярные интегралы 3/222, 223, 390, 468; 1/665–667, 1066; 2/723, 1210; 4/119, 120, 122; 5/876
Молекулярные ионы 2/1309–1311, 1314, 1316; 3/204, 346; 5/863, 869
Молекулярные комплексы 3/223, 18–20, 33, 124, 125, 170, 205, 224–226, 354, 365, 560, 653, 675, 677, 685, 751, 787, 1044–1046, 1081, 1129; 2/236, 1089, 1090, 1130, 1172; 4/1107, 1122, 1153; 5/115, 475. См. также Водородная связь
графитосодержащие 1/1193
и комплементарность 3/211
интеркалаты 2/477; 3/394, 395
как гетерокристаллы 3/226
как интермедиаты 2/478
кислот и оснований 2/774
кластеры 2/793–797
клатраты 2/798; 799; 3/224
органические металлы 3/100
– полупроводники 4/108
полигалогениды 3/1237
разделение 2/1043, 1044
реакции, молекулярность 3/221
резонансные, см. Эксимеры
рогнитит 2/1095
с переносом заряда 4/108; 5/546
хингидроны 3/134
холестерина 5/589
эксимеры 5/811, 812
эксилексы 5/811, 812
Молекулярные кристаллы 3/225, 66, 68, 226, 227, 427, 1145; 1/783; 2/920, 1055, 1056, 1063, 1069, 1239; 4/23, 108, 411–444, 1005; 5/1057
Молекулярные модели 3/227, 228, 229
Молекулярные насосы 3/343, 344
Молекулярные орбитали 3/780–783, 788
валентные 2/794; 3/237
взаимодействия и конформационные эффекты 2/911, 912
– – сопряжение связей 4/767
виртуальные 3/233
возмущения, см. Возмущения в системах
граничные, см. Граничные орбитали
занятые 3/233, 234
и атомные орбитали 3/234, 235
и комплексы 3/224, 225
– – переходных металлов 3/82, 83
и мультиплетность 3/288
и поле лигандов 4/121, 122
и цветность органических соединений 5/646–650
интегральные выражения, см. Молекулярные интегралы
канонические 3/233, 234
кластеров 2/794
корреляционные диаграммы 1/842, 843; 3/235, 236
локализованные 3/236, 237, 390, 781–783; 5/876
мезомерных систем 3/29
методы 3/231, 225, 232–237, 391, 468, 667, 778, 787, 893; 1/667, 682, 1066, 1186; 2/722, 726, 794, 831, 904, 905, 919, 983; 4/119, 120, 576; 5/461, 462, 642–644, 883
– вариационный 1/681, 682
– и спин 4/790
– и теория резонанса 4/447
– полумпирические 3/235
– приближение 3/237
– – линейное, см. ЛКАО-приближение
– – одноцентровое 2/1211
– – π-электронное 3/236
– самосогласованного поля 3/233–236
– функционалов электронной плотности 3/236; 5/869
– Хартри–Фока 3/233–236
– Хюккеля 3/223, 235; 5/644
модели 3/227
натуральные 5/875
несвязывающие 3/781, 965; 5/648, 649
перекрытие 4/120, 418
разрыхляющие 2/794, 912; 3/781, 782; 4/422
связывающие 2/918, 919; 3/781, 782, 965; 4/420
симметрия 2/127, 129, 724; 3/227, 235, 236, 964; 4/744
энергии 3/233, 235
Молекулярные перегруппировки 3/938; 2/628. См. также Миграция атомов и их групп, именные перегруппировки
некатализируемые, см. Сигматронные перегруппировки
нуклеофильные, см. Вагнера–Меервейна перегруппировки
сопряженных систем, см. Электроциклические реакции
электрофильные 3/938, 939
Молекулярные процессы
адсорбция 1/59, 60
дистилляция 2/164, 165, 916
диффузия 1/60; 2/164, 165, 195, 197–200, 541, 1256, 1257, 1259, 1260, 1298–1300; 3/39, 214, 215; 4/261; 5/29–31, 497
перегруппировки, см. Молекулярные перегруппировки
перенос дисперсной фазы 2/153, 155
– к поверхности испарения 2/164
ректификация 4/458
фотолюминесцентные, см. Фотолюминесценция
Молекулярные сетки 3/215
Молекулярные сита 1/890, 928; 2/27, 339, 504, 1057; 5/680, 681, 977, 980, 996
Молекулярные соединения, см. Молекулярные комплексы
Молекулярные спектры 3/229, 230; 4/789; 5/64, 645
абсорбционные, см. Абсорбционная спектроскопия
вращательные, см. Вращательные спектры
и поляризуемость молекул 2/853–855; 3/229

- и состав веществ, см. *Молекулярный анализ*, *Спектральный анализ*
и состояние системы, см. *Квантовое состояние*, *Квантовые переходы* и цветность соединений 5/646–650
колебательные, см. *Колебательные спектры*
люминесцентные 2/1221, 1222; 3/230
мессбауэровские 3/64–68, 229, 230
рамановские, см. *Комбинационного рассеяния спектроскопия*
рентгеновские, см. *Рентгеновская спектроскопия*
сверхтонкие структуры 4/587, 588
электронные, см. *Оже-спектроскопия*, *Фотоэлектронная спектроскопия*, *Электронные спектры*
эмиссионные 4/775–780
ЭПР, см. *Электронный парамагнитный резонанс*
ЯКР, см. *Ядерный квадрупольный резонанс*
ЯМР, см. *Ядерный магнитный резонанс*
- Молекулярные флюиды**, см. *Растворы электролитов*
Молекулярные формулы 5/237, 238
Молекулярный анализ 3/230, 231, 794, 797; 1/292; 2/709, 712, 855; 4/775; 5/497
Молекулярный вес 3/216, 217
Молекулярных пучков метод 3/237, 21, 140, 141, 238–240, 255, 421; 1/548; 2/124, 754; 4/871
Молибдаты 3/240, 166, 241, 242, 244, 575; 2/223, 436, 996; 4/359
Молибден 3/242, 243–245, 849; 1/550, 768, 1015; 4/333, 561; 5/54, 142, 208, 937
бориды 1/583, 584; 3/243
галогениды 3/245, 79, 243, 244, 246, 247, 251; 1/820, 953, 1193; 4/1138; 5/16, 389, 730
интеркалаты 2/477
интерметаллиды 1/331, 383; 2/479, 484; 4/584
карбиды 2/260, 624, 625, 736; 3/243, 244; 4/1009
карбонат 3/1001
кластеры 2/792, 793
нитрид 3/243, 509; 4/584, 1009
оксиды 3/247, 103, 241, 243–246, 248, 372, 388, 947, 1069; 1/438, 662–664, 666, 1089; 2/26, 477, 672, 675, 676; 4/685, 835, 1008, 1010, 1202; 5/199, 217, 223, 943
определение 1/284, 336, 505, 670, 745, 1061; 2/139, 183, 205, 442, 709, 710, 731, 838, 1010, 1011, 1104, 1231; 3/63, 169, 244, 245, 366, 503, 504, 969, 1044; 4/207, 397, 1126, 1147, 1165; 5/118, 128, 379, 635
органические соединения 3/251, 62, 79, 84, 103, 104, 203, 243, 246, 251, 252, 629, 875; 1/169, 262, 364, 365, 432; 2/69, 174, 374, 641, 792, 793, 873, 923, 984, 1035, 1170; 4/1201; 5/332, 721, 725
пероксокомплексы 3/975
полимеры 5/617
получение 1/869, 1104; 2/84, 519; 3/4, 244, 245, 412, 637, 1068–1070; 4/560, 561; 5/205, 210, 833, 854, 923
применение 2/250, 670, 878, 949; 3/71, 73, 74, 241, 245; 4/139, 142, 835, 1098, 1113, 1202; 5/186, 658, 730, 926. См. также *Молибденовые удобрения*
свойства 1/315, 508, 1020, 1060; 2/667, 670, 671, 767, 924; 3/74, 79, 80, 97, 242–244, 257, 503, 504, 624, 889, 890, 955, 958, 1093; 4/193, 431, 723, 813, 1008, 1009; 5/20, 124, 141, 681, 928
селенид 3/243; 4/619; 5/925
силициды 2/734; 3/243, 248, 498; 4/684, 685
сини 3/244
сплавы 3/248, 15, 241, 244–246, 249, 482, 483, 497, 498, 825, 890; 1/618, 819–821, 977, 987; 2/249, 250, 257, 260, 261, 263, 320, 548, 625, 736, 737, 827, 828, 948, 949, 1154, 1241, 1283; 4/467, 584, 685, 708, 712, 984, 1008, 1174, 1180, 1181; 5/80, 81, 618, 766, 895
сульфиды 3/249, 76, 242–245, 250, 277, 1126, 1207; 1/343–345, 1195; 2/26, 477, 601, 663, 666, 675, 709, 797, 1055, 1056; 4/46, 64, 172, 585, 725, 1007, 1008, 1023, 1116, 1157, 1247; 5/69, 371, 896, 925
халькогениды 3/243. См. также *Шеврёля фазы*
цианиды 5/703
Молибденит 3/164, 242, 250; 4/464, 1008
Молибденовые кислоты 1/1060, 1061; 3/240, 244, 245. См. также *Молибдаты*
Молибденовые удобрения 3/250, 160, 161, 241, 242, 250; 1/451; 2/870
Молибдит 2/263; 3/242
Молибдофактор 3/503, 504
Молизит 2/267
Молинат 1/1030
Молископиды 3/252, 994; 2/473; 4/247
Монозониды 3/659
Молекуло
ароматизаторы 3/1089
безлактозное 2/464
белковая фракция, см. *Казеин*
жирность 2/306–309, 619; 3/1147
известковое 1/902; 2/585, 835, 1334; 3/859; 4/202; 5/560, 959, 996
как эмульсия 5/949
кислос 3/786
крахмальное 2/989
Молотая известь 2/349, 350
Молотковые измельчители 2/352, 353; 4/139, 180
Молочная кислота 3/252, 57, 253, 570, 613, 700, 708, 786, 1089; 1/558, 609, 736, 1135, 1136, 1153, 1156; 2/452, 640, 742, 806, 989, 1140; 4/199, 299, 390, 904, 943; 5/39, 149, 160, 582, 583
Молочное стекло 4/837, 838
Молочнокислос брожение 1/609; 3/252, 253
Молочный сахар 3/572
Молсидомин 3/29
Мольтопрен 2/998
Молярность 2/915; 3/216; 4/362, 365
Молярного свойства метод 5/173
Молярность 2/915; 4/362, 365; 5/803
Молярные величины
вес 3/216
концентрация, см. *Молярность*
масса 3/216; 5/803
рефракция 2/207; 4/125, 126
термодинамические, см. *Парциальные молярные величины*
Молярный раствор 2/915
Моменты
дипольные, см. *Дипольные моменты*
квадрупольные 2/712, 330, 713, 714, 727; 3/67, 158, 468; 5/1023, 1032
квантовых переходов 2/727
количества движения, см. *Спин*
магнитные, см. *Магнитные парамагниты*
мультипольные 2/147
орбитальный (угловой) 2/721
- Монодрин 5/1051
Моноцит 1/875, 1002, 1021, 1156; 2/156, 243, 544, 1145; 3/409; 4/156, 434, 435, 570, 1218; 5/23, 281, 694, 965
Моноль-металл 2/1206; 3/482; 5/903
Моносини 2/522, 523
Монжусы 3/339
«Монолиформин» 3/724
Мониторинг 4/337, 338
Моноаминоксидазы 3/253, 254, 725, 1032; 1/260, 261, 269, 325, 341; 2/1160; 4/269, 524, 654, 695, 742
Монобактамы 2/1136
Монодисперсный продукт 2/1049
Монокристаллы 1/462, 584, 814, 1190, 1191; 2/1026–1028, 1043, 1064; 3/97, 1070; 4/994; 5/893
акустические 1/136–138
анализ 2/189, 190; 4/472, 474
выращивание 3/254, 93, 255–258, 415, 421, 500, 777; 1/1110; 2/53, 112, 222, 223, 319, 452, 453, 598, 1008, 1009, 1049, 1064, 1070; 4/111, 112, 114, 117, 346, 586, 681, 685, 951, 1024, 1031; 5/497, 503, 516, 755, 898
градиентные 3/776
дилатансы 2/112
как пирозлектрики 3/1078
как полупроводники, см. *Полупроводниковые материалы*
как пьезоэлектрики 4/284
как сверхпроводники 4/586
как сегнетоэлектрики 4/608
как скитилляторы 2/1228
как тонкие пленки 3/335
легирование 4/114–117
механические свойства 3/144
монокристаллы 3/404
нитевидные 3/499, 500, 501
оптические 3/773–777
органические металлы 3/100
структурные дефекты 4/117, 118
химическое травление 4/1223, 1224
Монокрофос 2/472
Мономеры 3/257; 1/857–860; 4/763–766
анализ 2/299
виниловые 1/716
и мицеллообразование 3/183, 186
и модифицирование полимеров 3/203
и олигомеры 3/742, 743
иницирование, см. *Инициаторы радикальные*, *Катализаторы полимеризации*
как клен 2/799
комплементарность, см. *Матричный синтез*
М-1 1/722
поликонденсация 3/21, 1254, 1255
полимеризация 3/1265, 1266
реакционноспособные, отверждение 3/838–840
фурфурол-ацетоновый 3/1204
эффективное сопряжение 3/1225
6 1/994, 995
Моноиници 1/246; 3/1058
Мономолекулярные реакции 3/257, 222, 258–260; 1/1216; 2/123, 125, 753, 755, 851
границы орбитали 1/1186
дегидрогалогенирование 2/13, 14
замещение 2/314; 3/602, 603; 4/416, 802; 5/904
и конкурирующие реакции 2/898
квантовый выход 5/350
кинетика 2/902; 3/428, 429
механизмы 3/143
несогласованные 5/365
нуклеофильные 2/128, 314; 3/602, 603; 4/416, 802
- правила пространственные 2/128, 129
– стереоэлектронные 2/130
присоединение 4/416
рацемизация 2/128
твердофазные 4/413
теория столкновений 4/871
фрагментация 5/365
электрофильные 2/128, 314; 4/416; 5/904
элиминирование 5/939
Мономолекулярный слой 3/260, 261, 1160, 1162; 1/56; 2/148, 858–860
Моноиници 3/261, 262, 263, 328, 1204, 1236; 1/802, 806; 4/27, 88–90, 846; 5/233, 390
Моноксигеназы 2/241, 242, 604; 3/697
монофенол 3/271, 272
Монопленки, см. *Пленки полимерные*
Моносахариды 3/263, 264–271, 286, 287, 594–601, 621, 746–749, 896, 1025; 1/198, 232, 979, 980, 1100–1103, 1140, 1154–1156; 2/364, 658–660, 1162, 1163, 1189–1191, 1278; 4/34–38, 215, 381, 903, 920; 5/37–39, 114, 124, 197, 271, 308, 373, 995
альдозы 1/221, 222, 652; 2/364, 732, 752, 1211; 3/263–265, 267, 268, 614–616, 621, 656; 4/1228
аминсахара 1/263, 264; 5/37
«восстанавливающая способность» 3/267
дезоксисахара 2/20, 21; 5/37
дистереомерные 2/368; 5/957
как кетоны 2/747
как необходимые заместители 2/1196, 1197
кетозы 1/222, 652; 2/364, 733, 969, 1211; 3/263–265, 267, 614–616, 621, 656
метаболизм 3/614–616, 621
метилловые эфиры 4/37
мутаротация 3/298; 4/392; 5/37
озоны 3/656
удлинение цепи 2/752; 3/708
уроновые кислоты 5/92, 37, 93
формулы Фишера 5/607
- Моносоединения**
алканоламиды 5/949
алканолламины 2/83
алкилбензолы 3/936
алкилгидразины 1/1072–1075; 4/392
алкилнафталинсульфокислоты 3/375, 376
алкилсульфаты 5/207
алкилфенолы 1/156, 163, 164
алкилфосфаты 1/164, 165; 3/1164; 5/254
алкилфосфиты 5/268
N-аминопиридазиния соли 3/1043
арил-л-бензохиноны 3/9, 10
арилфенолы 1/156
арилфосфиты 5/268
ацетиларилены 4/62
ацетины 1/1145
ацилглицеролы 2/1184
ацилглицерофосфаты 5/244
бензоилдиаминотрихиноны 2/78
бораты 1/580, 581
бутиламины 1/641, 642, 648
бутилнафталинсульфонаты 3/376
вольфраматы 1/821, 822
галактозилдиацилглицеролы 3/49
галлаты 1/935
галогеналканы 1/959
галогеналкены 1/956
галогенаноантрахиноны 1/244
галогенгидрины 1/1146
галогенкарбены 5/20
гидроксинафтохиноны 3/524
гидроксинафтохиноны 3/705–707
гидроксипиридин 3/708–710

- гидрополифторалканы 3/981; 5/409
глицериды 1/1131
глицериды 1/1139, 1140
глим 1/1140
глицериды 1/1085, 1144, 1145;
2/303, 304, 306, 1188
десоксирибонуклеотиды 3/1241
изопропанолamines 2/378, 379
изоцианаты 2/401
изотиризин 1/340
кальцийфосфат 2/937
кислоты(а) алкилсалициловые
4/175
– гидроксibenзойные 3/692, 693
– карбоновые 1/249, 1063; 2/415;
3/617–621, 623, 658, 1163
– пероксигольная 3/975
– пероксифталевая 1/520
– пероксосульфатная 2/570; 3/974
– пероксосульфатная 3/974
– тиогольные 2/213; 4/1152–1154
– фторлимонная 5/410
– фторуксусная 5/410, 411
– фторфосфорная 5/408
– хлорпропионовая 5/582, 583
– хлоруксусная 1/289, 956, 1029,
1077; 2/441, 634, 1275; 3/1206;
5/13, 15, 584–586, 668, 986, 987
красители, азокрасители 1/81–83,
149–151, 438
– азометиновые 3/130, 131
– метиланилиновые 3/130, 132;
5/650
– оксанилиновые 3/675, 676
– хлорцетиламидные 1/129
– хлортриазиниловые 1/128
лаурин 1/1145
метилладинат 4/607; 5/903
метиланил 3/106–108
метиларсин 3/308, 314
метиллизин 3/176
метилмуконат 1/533
метилнафталин 3/116, 117
метилпелламин 3/35
метилпиридин 3/1019, 1020
метилсукцинат 5/1058
метилфенилгидразон 1/505
метилформамид 2/121
нитрилы 2/417; 5/707
нитроалканы 1/1184
нитроанилины 3/523
нитроантрахиноны 3/524, 525
нитроамламин 3/34
нитротолуолы 2/126; 3/559–561
нитрофенолы 3/561, 562
нитрофенолы 3/562
нитрохлорбензолы 3/565, 566
олеинфосфат 4/172
пропиламин 1/175
пропиленгликоль 4/31
стеарин 1/1145
тиоглицирин 2/1311
тиофосфаты 4/1162
терпены 1/342; 2/283, 284, 457;
3/59; 4/1090–1092; 5/438, 1005,
1042
тиотрициклофосфаты 5/253
уранаты 5/83
фенилгидразоны 1/419; 2/85
фосфатнуклеотиды 5/268
фосфаты 5/246
фосфоинозитид 5/271
хинонины 1/532
хлорамин 1/770; 2/19, 113, 117;
5/557
хлоридметилгидантонин 2/18
хлорсилолы 5/565, 566
хлорорганосиланы 3/804, 807
хлорпропан 4/194
хлорсульфамиды 4/924
хлорсульфан 4/926
хлортолуолы 5/583
хлорфенолы 5/141, 587, 588
хлорэтилен 1/722–724
хлорэтиленкарбонат 2/638
циклоалканы 4/1074
этаноламиды 3/685, 686; 4/696, 697;
5/973, 974
этаноламин 1/5, 8, 9, 13, 865, 902,
932; 2/9, 212; 3/1029; 4/85, 1127;
5/973–976, 981, 987, 989, 991, 993
этиламинофенол 2/1083
этиламин 5/977–979, 995
этилфталат 2/215
эфир алкилполиэтиленгликолевые
1/164
– виниловые 1/644, 717
– галогенуксусные 2/75
– цианэтиловые 1/1134
Монотектические превращения 2/61;
5/101
Монотропия 4/24
Монофенолмоноксигены 3/271,
272
Моноэлектроты 5/836
Монтан-воск 1/565, 825–827
Монтанин 1/223
Монтбейрит 2/334
Монтежу 3/339
Монте-Карло метод 2/301; 3/214, 215;
4/367, 408, 749, 829, 832
Монтепонит 2/551, 556
Монтирилоиниты 1/1035, 1141;
2/153, 679; 3/284, 837, 992; 4/131,
724
Монурон 1/1030, 1031; 5/559
Монцитин 4/561
Мооса шкала 3/166; 4/999
Моплен 3/1139; 4/30, 31
Мора
веса 3/1148
метод 1/362
соль 2/264; 5/610
Мора-Вестфала веса 3/1148
Мора-Кулона условие 4/136, 137
Моранит 4/225, 226
Морганит 2/222
Мордениты 1/797; 2/676; 5/679–681
Моренит 2/994, 995
Моренозит 3/485
Моржовый жир 3/302
Мориамин 2/1078
Морин 3/272; 1/209, 336, 537; 2/445,
1217, 1218; 4/397
Морозостойкость 3/272, 273
гидравлических жидкостей 2/310
полимеров 2/706, 708; 3/1116, 1118
резин 1/631, 634, 637; 4/442–444;
5/639
смазок 1/345; 3/1125, 1126
Морокумы классификация 3/225
Морса (Морзе)
осцилляторы 3/391, 392
потенциалы 3/20, 468; 4/120, 121
Морская вода 1/630, 971, 976, 1021,
1109; 2/23, 292, 320, 321, 323, 799,
895, 947, 948, 1043, 1171, 1246,
1250; 3/4, 273, 274, 347; 5/744
Морская коррозия 3/273, 274; 2/956,
1333; 5/908
«Морская система», см. Галургия
Морские материалы
латунь 2/1331
смазки 3/1125, 1126
соль 2/19
Моруксеид 4/240, 241
Морфазинамид 4/241, 242
Морфин 3/274, 275, 765, 766, 1030;
1/144, 296, 297, 359, 415; 2/91, 835;
4/425; 5/117, 1041, 1053
Морфинановые алкалоиды 3/274, 275,
276; 5/117
Морфолитибензотриазол 1/846
Морфолин(ы) 3/275, 276, 706, 759,
796, 1021, 1164; 1/140, 222, 265,
708; 2/202, 245; 4/234, 501, 872;
5/419, 422, 559, 709, 1000
2-(4-Морфолитио)бензотриазол 3/62
Морфотропия 3/276; 2/1064
Морфотропные переходы 3/276
Морфоциклины 4/1110
Мостиковые соединения 1/140, 313,
606, 607, 950, 954, 955, 1060, 1092,
1181; 2/109, 110, 130, 337, 598–600,
621, 641, 795, 824, 919, 926, 927,
932–934, 985, 1035–1037, 1055,
1082, 1147, 1236, 1237, 1288; 3/331–
333, 1209; 4/76, 80, 81, 211, 349, 476,
494, 580, 581, 651, 675, 678, 737, 738,
761, 763, 874, 928, 933; 4/61, 138,
529, 595, 596, 641, 976, 991; 5/135,
136, 391, 408, 430, 441, 463, 563, 610,
703, 719, 734, 742–745, 764
Моторные масла 3/276, 285, 441–448;
4/726
автолы 1/19
всесезонные 3/277
газотурбинные 1/921, 922; 2/900;
3/276
дизельные 2/595; 3/277
доочистка 3/968
загущенные 2/310; 3/277
карбатораторные 3/277
присадки, см. Присадки к смазоч-
ным материалам
Моторные топлива 3/277, 278, 373,
378, 441–449; 1/334, 650, 668, 991,
998, 1023, 1058–1061, 1089; 2/1005,
1251; 4/702, 705, 1101; 5/199, 994
авиационные, см. Авиационные неф-
тепродукты, Реактивные топли-
ва
автомобильные, см. Автомобильные
нефтепродукты, Дизельные топли-
ва
газотурбинные 1/922; 2/1005; 3/278
детонационная стойкость, см. Анти-
детонаторы моторных топлив
котельные, см. Котельные топлива
иснефтяные, см. Альтернативные
топлива
присадки, см. Присадки к топливам
сгорание, вредные выбросы 4/1210
Моторный метод детонационных ис-
пытаний 3/725, 726
Мотрин 2/342
Моттрамит 1/672
Моуленсит 5/144
Мочевая кислота 3/279, 290, 613, 622;
1/188, 196, 455, 558, 1068; 2/966,
1084; 4/274, 275, 524; 5/150, 151,
197, 217, 702, 916
Мочевина(ы) 3/280, 279; 5/52. См.
также Карбамид
гидроперит 3/971, 974
гидрохлорид 4/935
и биурет, смесь 4/134
метаболизм 1/1097; 3/612, 619, 620,
622. См. также Орнитинный цикл
определение 1/681; 2/423; 3/281;
5/149–151, 916
пергидрат 3/284
получение 1/1210; 2/402, 591, 1214;
3/281, 1144; 4/1141; 5/44, 45, 47,
238, 701, 704
применение 1/478, 1030, 1031;
2/181, 290, 776, 869, 870; 3/201,
281, 646, 905, 911, 1125; 4/1013;
5/200. См. также Мочевина-форм-
альдегидные материалы
свойства 1/252, 270, 276, 277, 455,
558, 566, 682, 683, 1071, 1142,
1184, 1209; 2/82, 119, 183, 322,
340, 402, 404, 405, 573, 619, 620,
629, 1010, 1084, 1097, 1180, 1275;
3/34, 35, 38, 171, 172, 281, 282,
506, 511, 572, 727, 772, 870, 911,
1044, 1050, 1051, 1232; 4/25, 397,
507, 568, 622, 652, 653, 895, 899,
900, 999, 1102, 1139, 1140, 1169,
1203; 5/83, 84, 88, 119, 129, 137,
200, 218, 222, 236, 238, 239, 378,
381, 382, 385, 605, 702, 707, 708,
975, 986, 1015
соединения включения 2/798, 799;
4/391, 392
– N,N'-дизамещения 2/1107
– комплексные 2/18, 19, 1215;
3/347; 5/560
– силлинные 3/804
– сульфониловые, см. Сульфонил-
мочевины
– уреиды 5/84
сольваты 1/779
фосфат 3/646
цикл, см. Орнитинный цикл
Мочевина-алкидные лакокрасочные
материалы 3/282
Мочевина-формальдегидные матери-
алы
клеи 2/806
пенопасты 2/619, 620
пресспорошки 4/165
смолы 3/281, 35, 282, 327, 719, 743,
1121, 1224, 1259; 1/153, 261, 262,
335, 650, 859; 2/228, 229, 236, 996,
1002, 1298; 4/444, 613, 661, 739,
1007; 5/222, 787
удобрение 2/619
Мочегонные средства, см. Диуретиче-
ские средства
Мощность
доз излучений 2/217, 503
полезная насосов 3/340
тепловой потока 2/576
Мощнее действие 3/283, 184, 185, 284,
285, 301; 4/730
Мощные средства 3/284, 283, 285,
1163, 1166; 1/1110, 1111; 4/582;
5/777
автокосметика 1/18; 3/284
быстроаглогационная 2/27
вспомогательные, см. Обеливающие,
Текстильно-вспомогательные
вещества
мыльные, см. Мыла
полирующие 2/1319; 4/33, 34
присадки 3/277, 278, 285; 4/171,
173, 174
синтетические, см. Синтетические
мощные средства
чистящие, см. Чистящие средства
МП-волокно 3/1236
Мрамор 1/871; 2/208, 578, 586; 3/35
МСГ, гормон 3/37
МСД-пептид 5/1039
МСРА, кислота 5/585–587
Муассанит 2/223
Мугдана прибор 2/768
Мугера-Пирсона правило 4/107
Мука
аидезитовая 3/1264; 5/134
баритовая 3/1264
белитовая 2/348
витаминация 2/1165; 4/525
доломитовая 2/348, 1233
древесная 1/706; 2/126, 131; 3/328;
4/731; 5/143, 186
дунитовая 2/348, 1233
известковая 2/348
как наполнитель 4/165
кварцевая 2/807; 3/1264; 5/143
кормовая 2/1166
костная 5/305
обеливатели 3/324, 1089
пищевая 3/1089
серпентинитовая 2/1233
слюда 4/833
слюдная 5/143
фосфоритная 5/297, 54, 305, 306;
2/353, 589; 3/172, 629, 630, 789;
4/941
хвойная 2/1165
Мукайямы реакция 3/285
Муколитические средства 3/847
Муколат, метаболизм 3/613

- Муконовая кислота 3/613
Мукопептиды 3/927–929
Мукополисахариды 3/286, 287;
2/1010; 4/35, 36, 214; 5/38, 93
Мукохлорная кислота 2/233, 234
Мукронин-А 3/923
Мулит 2/733; 3/325; 5/112, 113
Мультиплекс-фактор 5/435
Мультиплетная теория катализа
1/1059
Мультиплетность 3/287, 204, 288;
2/727, 728, 1058; 5/350–352, 460,
868, 882, 883, 889, 891
и симметрия молекул 4/692
и спиновые взаимодействия 4/789,
797
и статистическая сумма 4/828
и фотолуминесценция 2/1220, 1221
терма 3/288
Мультипликаторы, см. Давление
Мультипольные моменты 2/147
Мультифлорамин 5/120
Муметалл 2/1241
Мумия 3/288, 1011, 1012
Мундштучное прессование 4/140
Муравьиная кислота 3/288, 289, 290;
5/45, 56
алдуки 1/494
альдегид, см. Формальдегид
амиды 1/229; 2/121. См. также *Форм-амид*
галогенангидриды 1/942, 943
гидразиды 1/1074
как антисептик 1/338
как метаболит 1/484
как растворитель 1/19; 2/770; 4/359
нитрил, см. Синильная кислота, Ци-анисный водород
определение 1/895; 2/1271
получение 1/1134; 2/15, 140, 1084;
3/113, 253, 289, 366, 741, 1055;
4/194, 820, 904, 920; 5/222–224,
434, 519, 556, 579, 984
свойства 1/198, 248, 251, 299, 305,
442, 443, 610, 670, 715, 736, 833,
1101, 1141, 1163; 2/65, 216, 255,
322, 568, 601, 633, 643, 644, 789,
1081, 1155, 1167, 1298; 3/33, 112,
432, 572, 613, 917, 952, 1206;
4/159, 285, 525, 533, 561, 804, 820,
1173, 1220; 5/1, 1012, 1013
соли и эфиры 1/711; 3/119, 120, 289,
290, 640, 1031. См. также *Форм-амиды*
Муравьиный альдегид, см. Формаль-дегид
Мурамидаза 2/1177, 1178
Мурамилпептид 2/427
Мурамилпептидфосфат 3/928
Мураминовая кислота 2/1163
Мурамовая кислота 3/927; 4/1010
Муреины 1/1132; 3/927–929; 5/38
Мурексид 3/290, 279; 2/282, 451, 580,
822; 5/750
Муриховые кислоты 2/278
Муролан 4/660
Муроланы 4/659, 660
Мурхауит 2/829
Мусказон 5/1055
Мускалур 3/737
Мускарин 1/415; 5/592, 1055, 1056
Мускатный шалфей 4/715
Мусковит 1/221; 2/559; 3/805; 4/678,
679, 723, 724
Мускон 3/291, 292
Мусконат 3/291, 292
Мускусы 3/290, 291–293; 1/650;
2/237, 238, 1005, 1144, 1263
Мустерон 2/598; 3/292, 293; 4/1090
Мутагены 3/293, 152–155, 294–298,
533, 627, 850, 1051; 2/604, 731;
5/158, 203. См. также *Мутации*
Мутаротаза 2/364
Мутаротация 3/298, 266, 299; 1/746,
1128, 1129, 1160; 2/21, 364, 913;
4/36, 392, 992, 1037; 5/37, 375
Мутации 3/299, 211, 293–298, 300,
301, 1051
вставочные 3/152
генов 3/150–152; 4/52
глобиновых генов 1/1008
и комплементарность 2/877
и одноклеточный перенос 3/653
и репарация 4/492, 493
и репликация 4/496
онкогенные 2/604
точковые 4/276
факторы, см. Мутагены
Мутманит 2/334
Мутность среды 2/816; 3/440
Муфельные печи 3/999, 1009
МФП, пенопласты 2/619
2М-4Х, гербицид 1/416, 1028; 3/994;
5/585–587
2М-4ХМ(П), гербицид 1/1028
Мыла(о) 3/301, 284, 302–304, 474, 764,
1168, 1169; 1/1085, 1100, 1208;
2/114, 283, 304, 645; 4/743, 868;
5/551
алюминиевые 2/901; 3/303, 304;
5/69
аммониевые 3/303, 304
бариевые 3/303
горчичные 4/1167
детгярное 2/15
диспергирование 3/1167
железные 3/303
жидкие 2/566; 3/302–304; 5/988
зеленые 3/304
как антисептики 3/304
как ингибиторы коррозии 3/303,
304
как лиотропные каучуки 2/287
как основа СМС 4/698–701
как ПАВ 1/1001; 3/1163
как пенообразователи 3/921
как присадки 3/303, 1124, 1125;
4/172
как репелленты 4/495
как сиккативы 4/669, 670
как смазки 2/901; 4/1007, 1115
кальевые 2/18; 3/302–304; 5/949
кальциевые 3/301, 304, 1168
каннфольные 5/571
клеевые 3/302, 304
кобальтовые 2/822; 3/301, 303
крашение 3/834
крезоловый раствор 2/18
литиевые 2/961; 3/301, 303, 1124,
1125; 5/949
магниево-3/301, 303
марганцевые 3/301
медные 3/304
медцинские 3/302, 304
натриевые 3/301–304, 1124, 1125;
4/903; 5/949
нейтральные 3/765
неметаллические 1/1210; 3/301–304
никелевые 3/301, 303
олеиновое 3/301, 303, 304
отбеливание 2/569
отдушки 1/1096; 2/26, 456, 517, 764;
3/118, 134, 290; 4/868; 5/67, 130,
938
пильированные 3/302, 303
полирольные 4/34
резинаты 2/602
свинцовые 3/303
смоляные 4/742
сульфатное 4/903, 904, 976; 2/1164
технические 3/301–304
туалетные и хозяйственные 3/302–
304, 834; 5/551
хромовые 3/303
цинковые 3/303; 5/69
щелочные 3/301–304; 4/670
этаноламинные 5/974
ядровые 3/302, 303
Мылонафт 1/388; 3/302, 378, 446;
5/671
Мыльный камень 4/977. См. также
Тальк
Мыльный клей 3/302
Мышечно-адениловый препарат 1/43
Мышьяк 3/304, 5, 305, 575, 753, 1053;
2/499, 1153; 4/103; 5/936, 937
ангидриды 3/310–312; 5/118
в водах 1/768; 3/170
галогениды 3/306, 12, 124, 305, 307,
308, 315, 534, 1215, 1247; 1/35,
429, 464, 612, 613, 950, 966, 1194,
1205; 2/421, 453, 495, 812, 1215;
4/584, 585, 1270; 5/555
гидрид(ы) 3/308, 305, 306, 309, 311;
1/384, 385, 592, 938, 1079, 1080;
2/453, 1205. См. также *Арсин*,
Мышьяковистый водород
зеркало 3/308
как полуметалл 4/102
кислоты неорганические 1/463, 545;
2/38, 80; 3/305–307, 310, 314
– органические 3/309, 310
кластеры 2/796
молибденовая сень 3/306
оксиды 3/310, 305, 306, 309–312,
698, 775, 969; 1/35, 382–384;
2/1092; 4/657, 835, 837, 838,
1270; 5/16, 118, 527
определение 1/615, 670, 739, 1060,
1120; 2/177, 442, 654, 709–711,
731, 1108, 1218, 1219; 3/169, 305,
308; 4/396, 779, 1126; 5/719, 781
получение 1/869, 977, 1175; 3/9,
305, 412, 1001, 1069; 4/561;
5/205, 502, 749
применение 2/1226; 3/93, 305, 306,
698; 4/105, 106, 115, 584, 835
свойства 1/388, 1015, 1060; 3/304,
305, 955, 958, 1037; 4/593, 813,
1270; 5/16
соединения диоксигенильные 2/769
– комплексные 2/873; 3/307, 308
– межгалогенные 3/307
– оневые 3/765, 971
– полимерные 3/419
– полиэдрические 2/793
– органические 3/313, 305, 308–
310, 314–318, 432; 1/433, 464,
1034; 2/409, 650, 651, 923, 1085,
1090; 4/501; 5/421
сплавы 2/948, 1332, 1333; 3/306,
315; 4/502, 594, 601, 602
тиосульфат 2/709
токсичность 2/606, 1156; 3/849,
854, 857, 1194; 5/502
фосфаты 5/252
халькогениды 3/312, 164, 165, 304–
306, 313, 314, 774; 1/191, 1175;
2/421; 4/617–619, 637, 782, 843,
972, 1019, 1023
цианид 5/702
Мышьяковая кислота 1/545; 2/38;
3/310, 314
Мышьяковистая кислота 1/463; 2/80;
3/305–307, 310–312, 314
Мышьяковистый водород 1/384, 385;
2/453; 3/308, 309. См. также *Арсин*;
Мышьяк, *гидриды*
Мышьяковистый ангидрид 5/118
Мышьяково-содовая газоочистка
1/901
Мышьяктериза метод 4/46, 47
Мэррифида реакция 3/933, 934
Муоний 1/787; 3/31, 32; 5/931, 1016
Муоний 1/787; 3/31, 32; 4/330; 5/868,
930, 932
«Мягкие» каучуки 1/630, 636
«Мягко-мягкие» взаимодействия
2/281, 282
Мягкители 3/718, 1116, 1117
для бумаги 5/224
для РТИ 1/660, 865; 2/226, 286
кожи 2/835, 836
нитроцеллюлозы 2/304
тканей 2/694; 4/580, 699, 770
Мясо-молочная кислота 3/252
Мягкое масло 3/60; 5/1003, 1004, 1006

Н

- Набивка, см. Печатание тканей
Набухание
полимеров 3/319, 829, 1257, 1268,
1269; 1/502, 859, 1001, 1002;
2/1264–1266, 1268, 1300; 4/174,
662, 663, 887–889
резины 4/442
Наведенная радиоактивность 3/1124
Наводороживание металлов 2/436;
3/872; 4/1256
Навоз, удобрение 2/498; 3/789; 5/54
Наве – Стокса уравнения 1/1105, 1106;
4/831; 5/674
Нагарообразование 1/644; 2/102, 227;
4/174
Нагнетатели 2/882
Нагревательные печи 3/1005, 1007,
1008
НАД 2/967, 968, 1140, 1190
Надбензойная кислота 3/319, 977;
1/112, 1146, 1148; 2/636; 4/1256
Наддув 2/882
Надежность
материалов, модуль 2/903
химических производств 3/320,
321–323; 1/1201
Надкислоты 1/271, 450, 503, 633, 948,
1096, 1146; 2/397, 456, 706, 745,
1138, 1144; 3/102, 678, 700, 739,
975, 981, 1043, 1045, 1050; 4/202,
203, 912, 915, 926, 934, 1117, 1122,
1128, 1152, 1158, 1166, 1250; 5/115,
526, 729, 732, 794, 961, 991. См.
также индивидуальные представите-
ли
Надлауриновая кислота 4/169
Надмолекулярные структуры
белков 1/472
в иерархических системах 4/1063,
1064
и флуоресцентные метки 2/1185
лиотропных каучуков 2/287
мембранные, см. Биомембраны
нефтяного кокса 2/840
органической массы утлей 2/596,
597
полимеров 1/859; 2/208, 1061;
3/201, 202, 808; 4/56, 816; 5/48,
137, 228, 229
полисахаридов 4/36; 5/38
сферолиты 2/1061, 1267; 3/166;
4/663
фибриллярные, см. Фибриллы
хитина 5/546
целлюлозы 5/663
эффект 3/1263, 1264
Надмуравьиная кислота 3/289; 4/1227
НАДН 2/967, 968, 1140, 1190
НАДН-дегидрогеназа 3/669, 670
НАДН-убихинонредуктаза 5/34
НАДН-цитохром с – редуктаза 4/524
Надолит 1/49, 50
Надпероксиды 3/575, 698; 4/556;
5/654, 658, 659
Надпропионовая кислота 4/199, 203
Надрешетный продукт, см. Грохочение
Надсерная кислота 2/497, 498; 3/525;
5/901, 902
Надсмольная вода 2/842; 3/1054, 1055
Надусуная кислота 3/323, 324, 977,
1019; 1/199, 425; 2/180, 636; 4/199,
203, 699; 5/523, 724, 963
НАДФ 1/608–611; 2/967, 968
НАДФ(Ф)Н 1/608–611

- Надфосфорные кислоты 5/287, 288
Надромовая кислота 5/610
Назарова реакция 3/324, 1030, 1031
Наземные выбросы 3/853
Наибольший предел взвешивания 1/686
Наирит 4/130, 444; 5/571, 572
Найлоны 1/860; 2/325, 1329; 3/1201, 1202, 1204–1208, 1210, 1238, 1239, 1250, 1251; 4/333, 607, 696, 1007, 1200; 5/149, 150, 726
Иакаяка лазеров 2/1116–1118, 1125–1127
Накиль 1/333, 771, 851; 2/283; 3/511, 764, 1211; 5/441, 777
Наккена метод 3/255, 256
Наккена–Киропулоса метод 2/223
Нако 3/694
Наковальни, см. Давление
Наком 2/1152; 4/237
Накрит 1/1141
Нактины 2/522–524; 4/1097
Набандяна–Воеводского механизм 3/140
Надидиксовая кислота 1/453; 3/385; 4/1214
Налоксон 3/766; 5/1036
Налорфин 3/275
Нальчикит 3/838
Намагичность веществ 2/1237, 1238, 1240–1245; 5/1026, 1027
Намаз, см. Кожа
Наметкина перегруппировка 2/599, 600
Намотки метод 3/1249; 4/12–14
Нандролон–деканонат 1/290, 291; 4/511
Нанесенные катализаторы 3/324, 24, 45, 46, 325; 1/1056–1059; 2/505, 662, 664, 666–671, 673–677, 770, 774, 797
Наноиды 2/1215
Нанокarbonилжелезо 3/477
Нанотехнология 5/510, 516, 842
Напалм 3/325, 326; 2/310
Наполненные материалы. См. также *Наполнители*
вспененные, см. Газонаполненные материалы
каучуки 3/326, 327; 1/633, 636; 2/377, 704, 705
органосиликатные 3/805, 806
полимеры 3/327, 201, 321, 328, 743, 745, 901–905, 913, 1119–1122, 1215, 1268; 2/156; 4/31, 64, 488, 489, 734
– антифрикционные 1/343
– как сегнетоэлектрики 4/285
– металлосодержащие, см. Металлополимеры
– переработка 4/3–12
– премиксы 4/162
Наполнители 3/328, 329, 330; 5/503. См. также *Наполненные материалы*
армирующие, см. Армированные материалы
волокнистые, см. Волокна, Волокнистые материалы
гидридные 3/330, 1119
для бумаги 2/586, 606
для жидкостных приборов 2/1175
для индикаторных трубок 2/446
для клеев 2/800–809
для композитов, см. Композиционные материалы
для красок 1/789; 2/982, 1296; 4/673
для металлургических ламп 2/444
для огнезащитных покрытий 3/646
для пестицидных препаратов 3/992
для пластичных смазок 3/1126
для полимеров 1/2, 1101, 1192, 1194; 2/606, 868, 1165; 3/327–330, 902, 903, 907, 1114, 1119–1122, 1207, 1220, 1244; 4/291, 723; 5/41, 143, 144. См. также *Полимерные материалы*
для шпатлевок 5/787
для эластомеров 1/646; 2/586, 606, 1028; 3/750; 4/978, 1125; 5/572, 799
и полимеризация 3/328, 1120, 1266, 1268
металлические 2/877–880; 3/73, 74, 87, 417; 4/844, 845
порошковые 3/328, 329; 4/138
препреги 4/163, 164
Напотон 4/1224, 1225
Направленная кристаллизация 2/916, 1041, 1042, 1044; 3/483, 500, 808, 1070; 4/111, 706, 709, 1021; 5/755, 756
Напроксен 4/219
Напропамид 1/1029
Напросин 4/219
Напряжение(я) и деформации, см. Реология и реакционная способность 3/333, 334
молекул 3/330, 331–334; 1/142; 2/697, 909, 910; 4/76; 5/719, 721, 725, 732, 739, 744
разомкнутой цепи, см. Гальванические элементы
разрушающие, см. Коррозия металлов, Прочность материалов
релаксация 4/484, 485
усадочные и отверждение 3/840
электрохимический ряд 5/920, 895, 896, 921, 926, 991; 3/99, 413, 667; 4/820
Напыление
вакуумное 3/334, 335, 344, 1104; 2/251, 950
вихревое 3/1213
полимерных материалов 3/1114; 4/11, 13
порошковых красок 4/143, 144
Наркоз, средства 4/812, 813; 5/115, 202, 380, 408, 580, 740; 5/998
Наркотии 2/398, 399
Наркотические анальгетики 1/296, 297; 4/268
Нарушенного полного внутреннего отражения метод 2/493
Нардиклассин 1/223, 224
Наринсин 2/1178, 1179
Насадки 1/708; 2/146; 3/335–339; 4/271
Насадочные аппараты 3/335, 336–339, 1141; 2/1306, 1307, 1046; 4/401, 402; 4/452, 453, 455, 456, 461, 611, 990; 5/170, 831, 832. См. также *Насадки*
Насинит 3/351
Наследственность, фактор 3/210. См. также ДНК
Насосы 3/339, 340–344, 670; 1/849, 852, 1105; 2/146, 201, 392, 885, 1315; 4/460, 805
Настуран 5/73
Насынная плотность 3/1145
Насыщенные углеводороды 3/345. См. также *Алканы*
алифатические, см. Алифатические соединения
газообразные, см. Газы нефтепереработки, Газы природные горючие
галогенпроизводные, см. Галогензамещенные углеводороды
гомологический ряд 3/101
и сольватированный электрон 4/750
индексы удерживания 5/622, 623
как СН-кислоты 2/777
как пластичные смазки 3/1125
клатраты 2/34, 799
матрицы Шпольского 5/884
нафтеновые, см. Нафты
моноклинические, см. Циклоалканы
несимметричные 1/869
обезмасливание 3/128
поглощение и улавливание 2/594, 595
получение 1/210, 1073, 1074, 1107, 1203, 1205; 2/10, 17, 665, 677, 863; 3/119, 347, 833, 1059; 4/1058–1060, 1190; 5/199, 833
применение 3/347, 1116
разделение 2/1044, 1142
растительных масел 4/381
свойства 1/64, 109, 140, 158, 335, 863, 864, 866, 952, 953, 991, 1023, 1113, 1162; 2/12, 27, 143, 208, 633, 670–672, 678, 684, 686, 774, 834, 1175; 3/79, 345–347, 407, 449, 450, 458–465, 530, 531, 660, 664, 665, 671, 672, 726, 738, 784, 907, 977, 1061–1066, 1114, 1116; 4/194, 195, 526; 5/65, 973
связанная селективность 2/811
твердые, см. Озокерит, Парафин, Церезин
хлорированные, см. Хлорпарафины
цветные 5/646
цетановое число 2/102, 103; 5/696
циклические, см. Алициклические соединения
Нагретые материалы
бутадиеновый каучук 1/632; 2/708
мыла 3/301–304, 1124, 1125; 4/903
пероксиды 3/970
полевые шпаты 3/1191–1193
селитра 1/92, 102, 105; 3/357, 505; 4/621. См. также *Натрий нитрат*
смазки 3/1124, 1125
стекла 2/1319; 4/673, 834, 835, 846, 847
Натристерия 3/88, 492, 1069; 4/981, 1174, 1220
Натрий 3/347, 170; 1/768, 1109; 2/789, 1251; 5/54, 366, 937. См. также *Щелочные металлы*
азид 1/72, 231, 428; 3/348, 358, 514, 1075; 4/597, 1100, 1167; 5/200, 784
альгинат 1/192; 2/152, 776, 1095, 1097; 3/1088
алюминаты 3/350, 165, 206, 351, 359, 368, 433, 698, 859; 1/111, 205, 206, 210, 219, 773; 2/801, 1006, 1057; 4/614, 668, 1020, 1246; 5/861, 862
алюмогидриды 1/220; 2/421; 3/1075
амальгамы 1/223, 419, 595, 936; 2/41, 88, 89, 411, 752, 1084, 1087, 1100, 1142, 1290; 3/57, 79, 102, 181, 347–350, 374, 380, 502, 532, 553, 680, 691, 692, 703, 763, 945; 4/147, 201, 205, 448, 686, 803, 1268; 5/376, 635, 669, 947, 1015
амид 1/112, 231, 257, 261, 428, 441, 498, 1148; 2/87, 112, 142, 248, 314, 404, 416, 561, 631, 651, 673, 784, 785, 858, 889, 1139, 1214; 3/348, 370, 952, 1019, 1033, 1045, 1078; 4/867, 930, 946, 1143, 1155; 5/8, 96, 131, 213, 777, 778
амины 3/18, 308
арсенид 1/463; 2/474
ацетат 3/351, 101, 676, 985, 1228; 1/115, 435, 495, 636, 780, 974, 1024, 1069, 1098, 1130, 1157, 1158; 2/28, 78, 182, 212, 213, 341, 439, 440, 864, 896, 936, 1101, 1137; 4/73, 159, 569, 570, 580, 622, 623, 745, 899, 1037, 1253, 1258; 5/65–67, 115, 196, 434, 453, 585, 586, 707, 786
бораты 3/351, 79, 135, 165, 267, 308, 309, 347, 352–354, 553, 554, 557, 980, 1216; 1/337, 342, 575, 581, 589, 780; 2/53, 65, 68, 321, 744, 1193; 3/359; 4/254, 1117; 5/35, 400, 901, 902
борогидрид(ы) 3/353, 354, 515, 523, 665, 680, 682, 1046, 1052, 1075; 1/389, 588, 590, 591, 620, 833, 994, 1038, 1079, 1083, 1147; 2/645, 752, 944, 1081, 1138; 4/215, 868, 869, 898, 913, 925, 943, 1139, 1145, 1146, 1159, 1160, 1166, 1167, 1255; 5/305, 457
бромат 1/613, 614, 968; 4/284
бромид 3/354, 584; 1/392, 613, 614, 968, 971; 2/864; 4/609, 1166; 5/195
бромит 1/613
газообразный 3/348
гидразид 1/1070, 1071; 5/778
гидрид 1/588, 964, 1079; 2/120, 631, 784, 889, 1139; 3/348, 349, 353, 355; 4/35, 66, 500, 1131, 1136, 1222; 5/792
гидрокарбонат 1/654, 771, 772, 1069, 1099; 2/321, 354, 432, 637, 648, 999, 1078, 1289; 3/284, 306, 356–358, 447, 480, 546, 648, 905–907, 911, 1000, 1088, 1220; 4/100, 119, 133, 240, 603, 669, 1269; 5/8, 44, 45, 786, 901. См. также *Пищевая сода*
γ-гидроксипропанкарбонат 3/358
гидроксид 3/354, 21, 55, 64, 101, 127, 348, 349, 351, 356–360, 364–367, 369, 370, 378, 380, 381, 383, 413, 438, 517, 519, 521, 523, 537, 542, 547, 555, 562, 576, 580, 686, 691, 695, 696, 981, 983, 1046, 1228, 1253, 1254; 1/455, 651, 652, 715, 730, 731, 772, 848, 898, 902, 948, 959, 972, 974, 1067, 1093, 1099, 1116, 1158, 1182; 2/18, 41, 123, 199, 293, 348, 447, 625, 751, 783, 824, 889, 896, 1086, 1109, 1130, 1174, 1205, 1329; 4/41, 73–75, 158, 159, 202, 435, 446, 449, 569, 593, 600, 648, 745, 803, 805, 868, 869, 899, 904, 913, 918–921, 929, 944, 984, 1011, 1020, 1037, 1091, 1102, 1138, 1143, 1148, 1149, 1156, 1174, 1189, 1198, 1204, 1205, 1222, 1264, 1268; 5/12, 45, 95, 114, 115, 119, 132, 133, 136, 139, 140, 143, 238, 263, 369, 390, 507, 553, 582, 844, 903, 922, 942, 961, 980, 1002. См. также *Каустическая сода*
гидросульфат 3/360–365, 492, 1060; 4/285, 920, 984; 5/182, 453
гидросульфид 1/263, 304, 488, 948, 995; 2/79; 3/62, 363, 519, 527, 542, 553; 4/41, 651, 951, 1134, 1136, 1146, 1267; 5/119, 124, 381, 796
гидросульфит 1/197, 253, 257, 440, 441, 487, 489, 655, 680, 740, 900, 901, 1096, 1115; 2/17, 170, 186, 251, 455, 516, 600, 652, 703, 742, 746, 768, 936, 1100; 3/26, 284, 295, 364, 365, 380, 381, 383, 537, 719, 796, 1220; 4/119, 159, 279, 649, 657, 918–921, 924, 990, 1149, 1269; 5/114, 123, 147, 197, 457, 533, 773, 774, 903
гипобромит 1/348, 613; 2/69; 4/568, 803, 895; 5/130
гипонитрит 3/356; 4/803
гипонитрит 3/576
гипосульфит 3/847
гипофосфат 3/515
гипофосфит 1/120; 2/118; 3/63, 515
гипохлорит 3/355, 62, 284, 387, 523, 560, 565, 951, 1195; 1/193, 348, 431, 770, 902, 1067, 1071, 1120–1122; 2/69, 81, 292, 312, 455, 460, 496, 616, 822; 4/568, 803, 900,

- 1168, 1203; 5/380, 554, 558, 733, 901, 902
- дифлофенак 2/110; 1/297; 4/219
- дитионат 4/45; 5/74
- дитионит 1/240, 259, 349, 350, 489, 773; 2/78, 79, 440, 442, 455, 460, 978, 998, 999, 1093–1096, 1156; 3/36, 364, 532, 690; 4/72, 554; 5/219, 940
- дикромат 1/337, 418, 1044; 2/89, 359, 618, 998, 1079, 1083, 1094; 3/113, 371, 390, 526, 563, 706, 707; 4/248, 803, 868, 934, 1116, 1269; 5/530, 607, 610, 611, 616, 632, 633, 901, 902, 980
- жидкий 2/300; 3/348
- интерметаллиды 1/384, 734; 2/478, 481, 560; 3/308, 348, 349; 4/99, 601
- иодаты 1/457; 2/495, 496, 647; 3/356, 796, 1054; 4/37; 5/664
- иодиды 3/355, 356, 739, 847, 938; 1/497, 589, 667, 711, 948, 953, 978; 2/10, 32, 221, 388, 495, 496; 4/284, 329, 558; 5/195, 196
- карбид 2/624, 625; 3/348
- карбонат 3/356, 6, 21, 244, 303, 304, 349, 351, 352, 354, 355, 357–359, 360, 364, 366, 368–370, 378, 517, 577, 708, 824, 847, 867, 893, 905, 906, 1220, 1232; 1/460, 670, 735, 771–773, 779, 780, 848, 874, 901, 902, 956, 1069, 1099; 2/9, 28, 126, 224, 240, 272, 321, 507, 553, 586, 631, 637–639, 645, 752, 770, 824, 982, 995, 998, 999, 1027, 1097, 1130, 1202, 1206, 1270; 4/100, 119, 133, 254, 446, 615, 699, 726, 842, 877, 904, 916, 944, 984, 1091, 1102, 1127, 1143, 1174, 1189, 1203, 1222, 1269; 5/6, 8, 44, 114, 125, 136, 582, 610, 669, 702, 706, 748, 777, 796, 901. См. также *Кальцинированная сода*
- хромолит-1 1/318
- ксенат 2/1088
- метабисульфит 3/364
- метаболизм 1/550; 2/180, 760, 958, 959; 3/623, 624; 4/468
- металлаты 1/342, 382, 383, 537, 540, 541, 615, 670–672, 674, 736, 738, 739, 780, 813, 814, 821–823, 901, 936, 950, 974, 1034–1036, 1039, 1041, 1060; 2/235, 254, 315, 453, 583, 641, 733, 825, 826, 829, 896, 1277, 1290, 1291, 1329, 1331; 3/6, 241, 244, 248, 309, 357, 360, 424, 434, 489, 517, 527, 545, 576, 751, 752, 757, 825, 826, 873–875, 970, 1000, 1056, 1068, 1131; 4/156, 339, 436, 437, 482, 505, 533, 554, 564, 600, 614, 617, 943, 944, 948, 951, 984, 985, 1020, 1025, 1026, 1112, 1149, 1175, 1176, 1183, 1184, 1191, 1256; 5/83, 213, 217, 747, 749, 752, 761
- метеоритный 2/963
- нафталин, катализатор 3/123
- надпероксид 3/364
- нитрат 3/357, 172, 173, 347, 358, 369, 504, 533, 690, 695, 822, 1045; 1/102, 103, 109, 681, 849, 918, 1093, 1098; 2/17, 126, 568, 783; 4/161, 593, 594, 600, 668, 726, 975, 1020; 5/98, 781, 912, 1050. См. также *Натриевая селитра*
- нитрид 3/348, 509
- нитрит 3/357, 33, 358, 380, 439, 517, 518, 522, 536, 538, 541, 542, 545, 557, 563, 584, 604, 695, 797, 1089; 1/247, 248, 258, 267, 270, 789, 849, 948, 1115; 2/16, 74–76, 85, 86, 213, 321, 455, 496, 518, 1000, 1094, 1097; 4/774, 1099, 1190, 1254; 5/142, 145, 582, 710
- нитропруссид 1/437, 1120, 1152; 2/171, 381, 711, 1148, 1276; 3/64, 67, 133; 4/774, 1127, 1164; 5/703, 768
- облака 3/1076
- озонид 3/658
- оксидобитурат 3/358, 578; 4/743, 812
- оксид(ы) 3/358, 89, 135, 348, 351, 364, 433, 698, 699, 775, 972, 996, 1011; 1/674, 1141; 2/535, 674, 769, 800; 4/707, 708, 835–838, 846
- определение 1/120, 121, 763; 2/521, 710; 3/349; 4/627, 944, 948; 5/335
- перкарбонат 3/284, 359, 360
- пероксид 3/358, 168, 224, 245, 319, 348, 349, 359, 364, 370, 758, 872, 971, 972, 1075; 1/428; 2/1024; 4/532, 563, 565, 1174; 5/1058
- пероксидобитурат 3/359, 979, 980; 4/699, 700
- пероксидоксидобитурат 3/359, 360, 971, 974; 4/699
- пероксосульфат 3/971
- пероксосульфат 3/699
- перхлорат 3/360, 368, 369, 987, 988, 990, 991; 1/283; 2/647, 992, 1097; 5/901, 902, 1058
- пиросульфат 3/362, 952; 4/658, 1174; 5/438
- получение 1/1022; 3/38, 349, 763, 413; 4/820; 5/695, 922, 923, 926
- применение 2/1227; 3/347, 1215; 4/467; 5/540, 762, 920. См. также *Натриевые материалы, Натриетермия*
- роданид 1/901; 2/37; 3/365, 366; 5/235, 909
- роль в световом зрении 4/538
- свойства 1/251, 413, 464, 579, 619, 620, 632, 647, 711, 720, 771, 833, 869, 947, 990, 1015, 1018, 1148, 1193; 2/10, 90, 105, 142, 158, 189, 216, 282, 330, 379, 384, 477, 484, 505, 510, 511, 523, 561, 638, 641, 642, 651, 673, 681, 745, 767, 784, 785, 1016, 1148, 1154, 1174, 1181, 1246; 3/74, 88, 110, 125, 169, 181, 348–350, 353, 358, 359, 364, 383, 403, 515, 562, 575, 800, 950, 955, 957, 1045, 1069; 4/152, 201, 271, 316, 514, 515, 568, 593, 813, 818, 836, 848, 895, 913, 916, 967, 1006, 1093, 1095, 1137, 1154, 1157, 1159, 1161, 1166, 1178, 1192, 1222, 1251; 5/6, 7, 16, 60, 87, 97, 107, 117, 120, 212, 267, 277, 524, 758, 792, 797, 798, 878, 890, 998
- селенит 3/576, 1000; 4/616
- силикат 3/360, 165, 303, 347, 361, 362, 368, 474, 698, 1191–1193; 1/537, 871, 1110; 2/18, 321, 776, 801, 819, 835, 1005, 1006, 1008, 1026, 1027, 1066; 4/129, 227, 247, 285, 435, 672, 674, 675, 677, 678, 681, 685, 699, 700, 723, 841, 842; 5/407, 408, 681, 777
- силициды 4/684
- соединения 1/115, 161, 193, 210, 254, 308, 338, 374, 388, 428, 452, 453, 478, 495, 510, 517, 535, 629, 631, 636, 637, 707, 726, 846, 999, 1026, 1027, 1034, 1110, 1130; 2/18, 151, 175, 177, 212, 213, 248, 295, 321, 341, 427, 439, 441, 539, 644, 645, 896, 986, 1085, 1086, 1097, 1149, 1155, 1156, 1180; 3/1020, 1043, 1059, 1227, 1251, 1253; 4/146, 173, 205, 206, 343, 596, 698, 726, 757, 833, 945, 946, 990, 1117, 1139, 1143, 1149–1151, 1160, 1162; 5/217, 278, 366, 584, 586, 708, 722, 778, 785, 786
- алколюляты 1/166, 168–170, 195, 421, 422, 455, 488, 652, 715, 718, 952, 1094, 1210; 2/76, 121, 202, 311, 516, 657, 673, 743, 746, 751, 784; 3/119, 438, 519, 521–523, 525, 553, 767, 831, 916, 1017, 1074; 4/804, 916, 968, 1253, 1257; 5/20, 125, 126, 660
- органические 3/349, 73, 80, 81, 280, 348, 350, 527, 805, 826, 874–876; 1/430, 440, 676; 2/416, 456, 1012, 1021–1023, 1025, 1147, 1275, 1288; 4/986, 1185; 5/122, 165
- феноляты 1/154, 304, 789; 2/38, 105, 185, 632, 808, 864; 3/252, 538, 563, 693, 982; 4/569, 900
- сплавы 2/310, 561, 562; 3/82, 349; 4/556, 595, 601, 639, 1110; 5/897, 898
- сульфат(ы) 3/361, 284, 354–356, 362–364, 564, 862, 863, 978, 1013; 1/79, 227, 519, 533, 731, 735, 771, 900, 956, 957, 972, 974, 1078; 2/321, 563, 570, 700, 731, 774, 819, 982, 1027, 1053, 1108, 1234, 1250; 4/248, 254–256, 285, 435, 619, 630, 699, 700, 720, 744–746, 838, 842, 848, 875, 904, 939, 944, 1006, 1021, 1168; 5/98, 116, 235, 453, 454, 619, 845, 903
- сульфиды 3/363, 8, 125, 362, 365, 383, 519, 522, 523, 561, 562, 565, 758; 1/111, 239, 240, 245, 258, 304, 529, 652, 730, 735, 852, 974; 2/78, 171, 174, 178, 182, 187, 204, 455, 707, 708, 835, 978, 1174, 1194; 4/43, 75, 615, 648, 649, 651, 903, 904, 911, 916, 944, 949, 950, 1008, 1020, 1025, 1103, 1117, 1122, 1126, 1128–1130, 1133, 1144, 1149, 1159, 1166; 5/57, 119, 124, 208, 455, 457, 561, 582
- сульфит 3/363, 347, 364, 389, 516, 522, 627; 1/730, 773, 900, 901, 1075; 2/37, 41, 381, 652, 711, 835, 963, 1174, 1277; 4/42, 45, 119, 254, 505, 614, 615, 657, 920, 921, 923, 929, 1020, 1149, 1150, 1267; 5/56, 123, 182, 223, 452, 453, 532, 773, 774
- супероксид 3/364, 359, 971–974, 988
- тиосульфат 3/364, 113, 169, 306, 363, 365, 517, 519, 525, 527, 577, 739, 740, 796; 1/328, 614–616, 730; 2/10, 154, 173, 205, 319, 495, 496, 498, 499, 711, 998, 1108; 4/159, 626, 745, 939, 944, 973, 1020, 1127, 1133, 1134, 1139, 1149–1151, 1189; 5/68, 182, 438, 453, 455, 659
- тиоцианат 3/365, 366, 370, 1198, 1199; 1/901; 2/37, 846; 4/1164, 1165; 5/452, 702
- тушение 3/648
- феррит 2/255
- формат 3/366, 370; 1/642; 2/862; 3/1059; 5/222, 580, 795
- фосфаты 3/366, 135, 303, 323, 360, 365, 367, 368, 527, 577, 896, 974; 1/333, 342, 769, 780, 789, 974; 2/11, 266, 321, 571, 572, 579, 587, 750, 821, 1130, 1294; 4/254, 279, 285, 529, 699, 700, 1109; 5/246–250, 252, 253, 408, 670, 749, 777
- фторид 3/368, 90, 272, 349, 664, 776; 1/281, 285, 337, 871, 1114; 2/641, 835, 1006, 1319; 4/818, 876, 939; 5/77, 388, 390, 391, 393, 503, 609, 751, 824, 854
- фузидат и фузидин 5/412
- халькогениды 2/10; 3/348; 4/593, 614, 617, 1020, 1026
- хлорат 3/368, 355, 360, 369, 694, 993, 1018, 1075; 1/944; 2/53, 768; 4/284; 5/77, 559, 560, 586, 901, 902, 957
- хлорид 3/369, 41, 64, 76, 124, 165, 185, 256, 290, 304, 347, 349, 355, 360, 368, 369, 378, 434, 492, 575, 608, 609, 648, 760, 774, 863, 907, 1000, 1013, 1056, 1145; 1/137, 281, 322, 342, 361, 611, 631, 632, 647, 706, 771, 848, 852, 853, 912, 951, 956, 972, 1093, 1109; 2/29, 126, 199, 221, 267, 305, 492, 506, 527, 562, 563, 572, 615, 864, 920, 974, 981, 982, 1039, 1040, 1052, 1056, 1078, 1117, 1209, 1235, 1250; 4/106, 109, 161, 202, 255, 256, 284, 353, 358, 372, 618, 745, 746, 750, 782, 812, 814, 838, 904, 909, 910, 926, 944, 946, 1005, 1023, 1055, 1165, 1168, 1174, 1177; 5/45, 98, 181, 195, 205, 207, 323, 382, 521, 551, 553, 563, 582, 593, 669, 678, 706, 754, 854, 859, 901, 925, 958. См. также *Каменная соль, Поваренная соль*
- хлорит 5/564
- хромат 3/369, 370, 526; 2/1079; 5/610, 615, 630, 632, 633
- цианат 3/370, 280; 5/701, 702
- цианамид 5/701
- цианид 3/370, 61, 281, 365, 516, 547, 721, 728, 1239; 1/93, 231, 497, 655, 946, 948, 969, 974, 982, 1075; 2/204, 336, 342, 404, 647, 752, 944, 1142, 1148; 4/532, 639, 640, 696, 895, 940, 1165, 1167; 5/115, 131, 416, 669, 701–704, 706, 707, 793, 975
- этанитал 5/973
- Натрийацетоксиэфир 1/195, 196, 440; 2/889
- Натриймалоновый эфир 2/889, 1275; 3/280; 5/713
- Натрийформилсульфоксидный эфир 1/535
- Натрозол 3/718
- Натролит 1/934
- Натрон 3/356, 357
- Натроновая известь 2/28
- Натроновая обработка древесины 4/119
- Натсин 2/375–378
- Натулан 4/235
- Натуральные материалы
- волокна, см. *Волокна природные*
- высшие жирные кислоты 1/862–865
- каучук, см. *Каучук натуральный*
- смолы, см. *Смолы природные*
- Натроновая варка целлюлозы 5/665
- Науптероживание 2/232, 1154; 4/808; 5/669, 913
- Науманит 4/613, 619, 637
- Нафионы 3/981
- Нафта 4/697, 1059
- Нафтазарин 1/1115; 2/924; 3/706, 707
- Нафталиевая кислота 1/418, 419; 3/371, 373. См. также *Нафталинкарбоновые кислоты*
- агидрид 3/371, 951, 953; 1/418, 419
- Нафтализол 2/18
- Нафталимид 2/1228; 3/371, 836, 951
- Нафталин 3/371
- определение 3/373
- получение 1/1089; 2/26, 210, 440, 456, 591–594, 682, 845, 846, 1041, 1043, 1044; 3/1058, 1061; 4/1101
- применение 1/336; 3/373; 4/108, 494, 495; 5/416
- производные 1/523, 532; 3/123, 226, 464, 673, 1021; 4/719, 1012; 5/957. См. также *Нафталинкарбоновые кислоты, Нафталинсульфокислоты*
- свойства 1/204, 350, 372, 373, 375, 377, 512, 517, 710, 983, 1040, 1145,

- 1185, 1215; 2/26, 108, 185, 239, 315, 576, 672, 1039, 1040, 1272; 3/118, 236, 256, 371, 372, 374–376, 383, 390, 445, 547, 950, 982, 1062, 1118; 4/73, 75, 265, 419, 549, 690, 917, 1039, 1055, 1108, 1153; 5/116, 377–379, 567, 568, 608, 647, 648, 701, 719, 811, 812
- Нафталиназобензол** 1/81, 87
- Нафталидиолы** 3/390
- Нафталинкарбоновые кислоты** 3/373, 117, 371, 374; 1/329, 330; 4/60, 61 оксинафтойные 3/704, 705
- 1,4,5,8-тетраизомер 3/376, 373, 377, 953, 1016, 1039, 1040, 1247; 1/418; 4/76
- Нафталиновая кислота** 3/706. См. также *Лавсон*
- Нафталиновое масло** 3/372
- Нафталисульфокислоты** 3/374, 372, 375, 376, 381, 383, 388, 516, 1029; 1/79, 545; 2/139; 4/917; 5/222
- Нафталисульфонаты** 3/375, 376, 1163
- Нафталисульфоновые кислоты** 3/374, 375
- Нафталисульфохлорид** 3/795
- Нафталиитиолы** 4/1159
- Нафталидегидная кислота** 1/419
- Нафтамон** 4/225
- Нафтам** 1/334
- Нафтацен** 3/894; 4/419
- Нафтеиаты** 3/377
- алюминия, см. *Напалм*
- натрия, см. *Мылонафт*
- как присадки 4/172–175
- Нафтоновые соединения**
- кислоты 3/377, 278, 301, 303, 378, 458, 460, 730; 1/153, 902; 2/1044; 4/172, 175, 669; 5/825. См. также *Нафтенаты*
- масла 2/377; 3/326; 4/445
- мыла 2/18
- спирты 3/377
- углеводороды, см. *Нафтенаты*
- Нафтенаты** 3/378, 46, 379, 380, 458–460, 608, 1062–1066; 1/1090, 1113; 2/671, 678, 681, 684–686, 1175; 4/526, 926, 1058–1060; 5/720
- Нафтизин** 3/380; 1/51, 52, 229; 2/413
- Нафтиламиносульфамиды** 2/1216
- Нафтиламинсульфокислоты** 3/380, 375, 381, 382; 1/257. См. также *Аминонафталисульфокислоты*
- Нафтиламины** 3/382, 372, 380, 383, 387, 388, 547; 1/271, 273, 545, 654, 655; 2/17, 70, 302, 331, 336, 605, 606, 964, 1217; 4/394, 719, 935; 5/126, 568
- Нафтилвисмутол** 1/739
- Нафтилгидразины** 1/654, 655
- Нафтилглицин** 4/392
- 2-Нафтилдизонийнитрат** 3/547
- Нафтилендиамины** 3/390, 547, 953; 4/18
- 1,5-Нафтилендиизоцианат 2/139, 401; 4/54; 5/8
- 1-Нафтиленизоцианат 2/401
- 2-(1-Нафтилметил)-2-имидазолин 3/380
- Нафтилметилкетоны** 4/1130
- 1-Нафтилнитил 5/568
- 1-Нафтилмочевина 3/388
- 1-Нафтилнитрил 5/568
- 2-Нафтилоксиуксусная кислота 4/429
- α -Нафтильтомоновина 2/341
- α -Нафтилуксусная кислота 1/416; 3/380; 4/429
- Нафтилуретан** 5/130
- 2-(1-Нафтил)-3-фенилоксалол 1/336
- Нафтильхионионы** 1/336
- Нафтионовая кислота** 2/887; 3/382, 383
- Нафтиридиноны** 3/384
- Нафтиридины** 3/383, 384, 385
- Нафтоакридоновые красители** 2/980, 981
- Нафтобензотиофены** 3/463
- 1,4,5,8-Нафтодикинон 5/532
- Нафтоленбензилмидазолы** 2/1228
- Нафтольные кислоты** 3/117, 373, 547, 704, 705
- 2-Нафтоксиуксусная кислота 1/416
- Нафтоальдегиды** 3/703
- Нафтоловые красители**
- желтый 3/543
- оранжевый 5/19, 20
- синие-черный 2/450
- синий 2/455; 3/536; 5/530
- Нафтолсульфокислоты** 3/385, 375, 380, 381, 386, 387; 2/139; 5/142
- α -Нафтолфталенин 5/1002
- Нафтолы** 3/387, 106, 373, 375, 383, 388, 390, 538, 684, 694, 703, 705, 706, 1014, 1015; 1/80, 91, 257, 271, 306, 334, 336, 362, 654, 655, 717; 2/1, 17, 71, 80, 302, 455; 4/234, 256, 397, 568, 814, 924; 5/126, 140–143, 197, 337, 341, 380, 530, 531, 567, 746, 942, 971
- Нафтопурпурин** 3/706, 707
- Нафтогенозолы** 4/625
- Нафтофенантрены** 3/463
- α -Нафтофлавои 1/614
- α -Нафтофталенин 5/380
- Нафтофлуорены** 3/463
- Нафтол[1,2-с]фуросан** 5/431
- Нафтохиноксалины** 1/419; 2/981
- β -Нафтохинолин 2/553
- Нафтохинондиазиды** 1/256; 5/340
- Нафтохинондоксмы** 3/538
- 3,4-Нафтохинон-1-сульфокислота 5/217
- Нафтохиноны** 3/388, 372, 389, 390, 525, 538, 705–707; 1/155, 336, 350, 532, 749; 2/138, 139, 972; 4/894, 1125; 5/532, 533, 535
- 1,8-Нафтосультам 2/139
- 1,8-Нафтосульфон 2/139
- Нахколит** 1/956
- Нашатырь** 1/191, 285; 3/412
- «Нгай-камфора» 1/585
- НДМА, каицероги 2/604
- НДФ, см. *Нуклеозиддифосфат*
- Неадиабатические поправки** 1/45
- реакции 3/258
- Неаполитанский желтый** 4/944
- Неароматические системы** 1/377
- Неаэробное дыхание** 3/668
- Небензональные ароматические соединения** 3/390
- азулены 1/104, 105, 375, 684; 2/143, 438, 1136; 3/324, 377, 378
- аниулены 1/312, 313, 377, 378; 3/390, 1243, 1250; 4/767
- тропины 5/20, 21
- трополоны 5/21, 22
- циклопентадиениды 3/390. См. также 1,3-Циклопентадиен
- Небера реакция** 1/237
- Неблагородные металлы** 5/920, 921
- Небуларин** 3/594; 4/274
- Невалентные взаимодействия** 3/390, 204, 211, 219, 391
- Невзаимозаместимость фотоэкспозиции** 5/329, 330
- Невинтрамон** 3/385
- Невиллит** 2/1101
- Невиля-Винтера кислота** 3/386
- Неводные системы**
- растворители 2/199; 3/135; 4/395
- электролиты 5/859, 857, 860, 861; 1/111, 973
- Невосстанавливающие олигосахариды** 3/746–749
- Невырожденные системы**
- протонный обмен, см. *Водородная связь*
- энергетические уровни 1/855
- Невысыхающие масла** 4/377
- Невьянскит** 2/535; 3/823; 4/532, 562
- Негативно-позитивный процесс** 5/324, 452–456
- Негашенная известь** 1/771, 870, 880, 892, 898, 1049, 1093; 2/158, 349, 350, 586. См. также *Кальций оксид*
- Негорючие вещества** 1/1175; 3/1187
- Негозотропия** 3/841
- Недеструктивный анализ** 3/430, 431
- Недисперсионные анализаторы газов** 1/888
- жидкостей 2/291
- Нееля точка** 1/341; 2/1111; 3/882; 5/97, 102, 104
- Нежелезные металлы** 5/651
- Нежесткие молекулы** 3/391, 207, 392–394, 468; 1/836; 2/369, 729, 925, 1223; 4/46, 691, 828, 1215; 5/701, 702
- Незаменимые соединения**
- аминокислоты 1/394, 482, 483, 668, 750; 2/361, 559, 1158; 3/133, 155, 156, 619, 620, 622, 623, 627; 5/1, 121
- жирные кислоты 3/395, 396, 397; 1/863–865; 4/382
- факторы роста (питания) 2/1192, 1193; 3/813. См. также *Витамины*
- Незатененные выбросы** 3/853
- «Незатрудненные» реакции** 1/1056
- Неинталационные средства для наркоза** 4/812
- Неионогенные поверхностно-активные вещества** 1/164, 865–867; 2/83, 152, 817, 1149–1151; 3/163, 181, 182, 184, 188, 189, 283, 608, 610, 718, 909, 911, 992, 1163, 1165, 1166; 4/31, 188, 189, 699, 700; 5/127, 203, 204, 208, 780, 949, 950, 951, 973, 991. См. также *Оксисилированные соединения*
- авиважные 1/340; 3/718; 4/1012
- алканфосфонаты 1/149
- оксикалаиды жирных кислот 3/685, 686
- синтиамиды 4/696, 697
- сорбитали 4/769, 770
- сульфоуред 4/935
- Неискрышие материалы** 3/1189
- Нейзильбер** 2/1332, 1333
- Нейраминиды** 3/397; 1/1097
- Нейраминилактоза** 3/748
- Нейраминавая кислота** 3/267
- Нейротормоны** 3/626
- Нейролептические средства** 3/398, 399, 1031; 1/317; 2/636; 4/268, 269, 393, 439, 743, 813, 1122, 1254. См. также *Аминазин, Резерпин*
- Нейропептиды** 3/399, 400, 401; 1/552; 2/581
- Нейроплегические средства** 3/398, 399
- Нейротезис** 3/401
- Нейротоксины** 1/472, 482, 603; 3/934; 4/1195; 5/1035–1041
- Нейротропные средства** 1/1119, 1120; 4/1195
- Нейрофизия** 1/661; 3/712
- Нейтрализация** 3/851, 859, 860; 4/244, 415, 745, 746
- в производстве удобрений 2/869
- и иммунные реакции 2/426
- и коагуляция 2/817
- и сульфитная обработка древесины 4/118, 119
- кожи 2/836
- продукты, см. *Кислоты и основания*
- флуоресцентные индикаторы 2/1216
- Нейтральные вещества**
- живицы 2/283
- индикаторы 2/447
- красители 3/128, 129, 131; 5/116
- липиды 2/1188, 1189, 1191. См. также *Жиры*
- лиственничная смола 2/284
- удобрения 3/172, 173
- экстрагенты 2/294
- Нейтроны** 4/244, 315; 5/930–932
- Нейтронные методы**
- автордиография 3/402; 4/325
- анализ абсорбционный 3/402, 403
- активационный 1/120, 121; 2/347, 916, 1010; 3/306, 403, 1133; 4/467, 550, 557, 982, 1065, 1113; 5/77, 656
- влажности 1/755
- дифракционные, см. *Нейтроннография*
- каротаж 3/402, 403
- обогащение полезных ископаемых 3/636
- спектроскопия 3/404
- Нейтроннография** 3/404, 208, 403; 2/188–191, 503, 1063, 1065; 4/476, 882; 5/327
- Нейтроны** 3/401, 402, 604, 605; 1/403, 408, 755; 2/189, 788; 4/243, 244, 315–317; 5/930–932, 1016–1021, 1031, 1032
- альbedo 3/402
- быстрые 2/225, 220, 500; 5/76
- дифракция 2/188–190
- дозиметрия 2/220
- замедлители и поглотители 1/875, 1192; 2/225, 244; 4/685; 5/33
- излучение 2/188–191, 216, 217, 499–503; 3/298; 4/289; 5/335, 336
- источники 3/403; 2/564; 4/332; 5/4, 1022
- медленные 2/500, 1009
- сечение захвата 2/501
- спин 2/718; 4/786
- тепловые 2/453, 500; 3/401–404; 4/116; 5/33, 766, 767, 1022
- холодные 2/500
- Нейтронанионные красители** 3/128, 129, 131
- Некаль** 3/376
- Некарбонатная жесткость воды** 1/771; 2/282, 283
- Некомплемментарные реакции** 1/1159
- Неконкурентные ингибиторы** 2/434
- Нелетучие системы, см. Горение**
- Нематичиды** 3/405
- Нематические жидкие кристаллы** 5/104
- Нематоиды** 3/405, 994; 2/472, 473; 5/416
- Нембутал** 4/742; 5/973
- Неметаллические полезные ископаемые** 3/405, 96, 165, 166, 955–958, 406, 1193, 1194; 1/1079–1082; 2/817; 4/559, 561; 5/205, 935, 936. См. также *Горнохимическое сырье, Минералы, Руды*
- Неметаллы, см. Неметаллические полезные ископаемые**
- Ненасыщенные соединения** 1/1180, 1181; 3/784. См. также индивидуальные представители, их классы и реакции
- аминокислоты 1/252, 253
- ениаминовые, см. *Енамины*
- карбонильные 2/106, 107, 1080. См. также *Альдегиды, Кетоны*
- карбоновые кислоты 1/964, 1179; 2/82, 417, 515, 516, 640, 646, 1106; 3/9, 70, 395, 604, 699, 700, 707; 4/525, 536, 1140
- спирты 2/1109, 1110
- углеводороды 3/406, 407
- алкены, см. *Олефины, Циклоолефины*
- альтернатные 1/204; 4/419; 5/644, 648
- алкины, см. *Ацетиленовые углеводороды*

- ароматическое, см. *Ароматические соединения*
- газов нефтепереработки 1/926-928
- диены, см. *Диеновые углеводороды*
- енины 2/245, 246, 965, 966, 1103, 1104; 1/713, 714; 3/406, 831
- мономерное число 2/497, 498
- несимметричные 2/311, 312
- полиеновые, см. *Полиены*
- полииновые, см. *Полиены*
- получение 2/10, 11, 686, 900; 3/1059
- свойства 1/442, 1090, 1106-1109; 2/36, 37, 143, 684, 777, 1034; 3/1061-1066; 5/907
- терпены 4/1091-1093
- цветность 5/646
- Ненишеская реакция 3/407, 408, 409
- Ненцкого модификация 5/369
- Неньютоновские жидкости 1/728, 729, 873; 3/947; 4/138, 484, 486, 487; 5/41. См. также *Реология*
- Неоабениол 2/284
- Неоабетиновая кислота 4/740, 741, 977
- Неоаймалин 1/105
- Необрастающие материалы 1/337; 2/1331; 3/252, 763, 991; 4/29, 546; 5/749, 934, 935
- Необратимые индикаторы 2/446, 450
- Необратимые реакции, см. *Обратимые и необратимые процессы*
- Неогексен 3/104
- Неогемодез 2/1078
- Неолюкобрассия 4/653
- Неодикумарин 1/330
- Неоим 3/409, 410; 2/1146; 5/937. См. также *Редокс-элементы*
- Неокадмат 1/672
- галогениды 3/410; 4/437
- оксиды 3/409; 4/438, 586
- определение 1/763
- органические соединения 2/828, 1147; 3/410
- получение 3/410; 4/157, 436
- применение 2/1117, 1118, 1120, 1123-1125, 1240, 1243; 3/410
- свойства 3/75, 409, 957, 958; 4/431-434, 584
- сплавы 1/1185; 2/1249; 3/91; 4/142
- сульфиды 4/910
- феррит 5/163
- фосфаты 1/1110; 3/410; 5/252
- Неозоны 1/334; 4/695, 815, 817; 5/126, 992
- Неоизоментол 3/59, 60
- Неокарабиоза 2/660
- Неокарбинолатин 3/926
- Неокестоза 5/374
- Неокомпенсан 2/1078
- Неоксантин 2/656-658
- Неокупферон 2/1104
- Неоментол 3/59, 60
- Неоминин 1/246
- Неон 3/410; 5/937. См. также *Благородные газы*
- определение 1/121; 3/411
- получение 1/399, 796, 797; 3/411
- применение 2/1034; 3/240, 411; 4/1079; 5/160, 435, 604
- свойства 1/6-8, 568, 569, 949, 1015; 2/189, 393, 394, 767, 1077; 3/17, 410, 411, 488, 957, 958; 4/152, 587, 813, 1039, 1077; 5/16, 387, 1020
- Неопентан 3/345, 912; 4/421, 750
- Неопентаовая кислота 1/668
- Неопентил 3/569
- бромид 3/32
- гликоль 1/153
- N-Неопентилиден-трет-бутиламин 2/1138, 1139
- Неопланонин 3/595
- Неопределенности, соотношение и принцип 2/720, 726
- Неопреимы 1/860; 5/571, 572
- Неорганизованные выбросы 3/852
- Неорганическая химия 3/411, 412-416; 5/480, 492, 508
- и биохимия 1/550, 551
- и номенклатура соединений 3/575-577
- и периодическая система элементов 3/955-963
- и синтез веществ 3/420, 415, 416, 421; 2/664; 5/901, 902
- материалы, см. *Неорганические материалы*
- Неорганические материалы 3/418, 415, 416. См. также отдельные виды волокон 3/417; 2/327, 328; 5/503. См. также *Волокнистые материалы*, *Нитевидные кристаллы*
- алюмосиликатные 4/844, 845
- асбестовые, см. *Асбестовые волокна*
- базальтовые 1/387; 2/327; 3/329, 417; 4/1013
- борные 1/574, 575, 593, 594, 802; 2/878-880; 3/145, 327, 329, 417
- карбидные 2/878-880; 3/329, 417
- кварцевые 2/878, 879, 1028; 3/417; 4/845
- металлические 3/73, 74, 417; 2/250; 4/844, 845
- радиационная стойкость 4/291
- силикатные 3/417
- стеклянные, см. *Стеклообразующие материалы*
- полимерные 3/418, 419, 420; 1/857, 859; 5/617. См. также *Полифосфаты*
- стекла, см. *Стекла неорганические*
- Неорганический синтез 3/420, 415, 416, 421; 2/664
- Неорон 1/107
- Неосакситоксин 5/1047, 1048
- Неотиобинифурдин 4/652
- Неотропин 1/261
- Нео-уромиро 4/478
- Неофлон ЕТФЕ 5/403
- Неофлюид 3/421
- Неоопапы 1/438
- Неоэндорфин 3/766
- Непереходные элементы 5/936
- Неполярные соединения
- герметики 1/1045
- дизэлектрики 2/206
- молекулы 2/142, 147
- молекулярные жидкости 2/300
- натуральный каучук 1/1045
- растворители 1/617; 2/143, 511
- Непредельные углеводороды 3/406, 407. См. также *Ненасыщенные углеводороды*
- Непрерывные и периодические процессы 3/421, 422, 423, 999; 1/292, 698; 2/160, 161, 165, 351, 463, 843, 844; 4/401, 452-457, 461, 881, 882, 1065, 1068; 5/232, 472, 822, 823
- Непреступ 1/522; 3/1044
- Нептуныты 3/424
- Нептуний 3/423; 4/1241; 5/76. См. также *Актиноиды*
- определение 3/425; 4/1221; 5/436
- получение 1/1104; 3/425; 4/336; 5/256
- применение 1/133
- свойства 1/131, 132; 2/370; 3/423, 957, 959, 962, 1093, 1154; 4/323-325, 332; 5/166
- соединения 3/423-426
- сплавы 5/81
- Непутун 3/472
- Неравновесные процессы. См. также *Обратимые и необратимые процессы*
- бимолекулярные 1/547, 548
- межфазная поликонденсация 3/21
- плазменные 3/1094, 1095, 1098, 1099, 1101-1103
- соляватация 4/423
- термодинамика 2/1183; 3/841, 842; 4/1062-1070
- физико-химический анализ 5/175, 176
- химическая кинетика 3/426, 259, 260, 427-430, 1102, 1103; 2/42, 756, 1122; 4/463
- Неравноплечные весы 1/685, 687, 688, 690, 691
- Нерадиоогенные изотопы 2/387
- Нераздельнокипящие смеси, см. *Азеотропные смеси*
- Неразол 5/222
- Неразрушающий анализ (контроль) 3/430, 431; 1/292; 2/289; 5/497
- бесстружковый 1/542, 543; 3/431
- катодоллюминесцентный 2/702, 703, 1212, 1213
- локальный 3/431
- материалов, см. *Дефектоскопия*
- радиометрия 4/325, 326
- рентгенометрический 4/479
- спектроскопия 3/768; 4/483
- экспрессный 1/978
- Нераль 5/773
- Нервно-паралитические отравляющие вещества 3/842-846
- Нервон 5/693
- Нерегоселективные реакции 1/758
- Нерегулярные насадки 3/337-339
- Нередуцирующие олигосахариды 3/746-749
- Неристоксин (неристотоксин) 2/469, 475; 5/1045, 1046
- Нерелятивистская квантовая механика 2/717, 721, 722; 4/787, 788
- Нержавеющие стали 2/16, 261, 262, 265, 320, 323, 548, 957
- Нериста
- гипотеза 5/682
- модель 5/169
- слой 2/423
- уравнение 3/431, 47, 663; 1/314; 2/450, 1254; 4/154; 5/637, 836, 840, 841, 843, 844, 902, 918, 922, 926
- штифт 4/785
- Нериста-Эйнштейна уравнение 2/197
- Нерол 1/185, 1024; 2/238; 4/1090; 5/1004
- Неролдидол 3/431, 432; 4/659, 661; 5/112
- Неролиевое масло 1/487, 1024; 2/251; 4/1094; 5/112, 130
- Неролилацетат 3/432
- Неролин 3/388
- Несвязывающие орбитали 3/781, 965; 5/648, 649
- Несенсибилизированные фотоматериалы 5/317
- Несеребряная фотография 1/623, 624; 4/506; 5/315-322. См. также *Ретрография*
- Несистематические названия веществ 3/572
- Нескомпенсированная теплота Клаузуса 3/645
- Несмачивание 4/729
- Несмеярова
- диазометод 1/740; 3/432, 801
- реакция 3/432, 433; 1/374, 958; 2/17, 75; 4/553, 946
- Несмеярова-Борисова правило 2/128
- Несоответствующие реакции 1/843
- Несоожженный диссоциированный аммиак 2/326
- Неспецифическая адсорбция 1/53
- Несслера реактив 3/433; 1/94, 277; 2/1108; 4/545, 642
- Нестационарные реакции 2/715
- Нестереорегулярные полимеры 1/858
- Нестереоселективные реакции 4/854
- Нестехиометрия 3/433, 413, 434, 435, 698, 949; 2/767, 984; 4/150; 5/175, 515
- Нетканые материалы 3/435, 436-438, 802, 804, 924, 1204, 1227, 1237; 4/1; 5/49, 144, 186, 390, 447
- Нетропин 3/927
- Неукрывистые пигменты 2/409; 3/1011, 1014
- Нефре реакция 3/438, 439, 552; 1/199, 316; 2/1298; 5/999
- Нефелин(ы) 3/439, 347; 1/207, 213, 214, 221, 359, 467, 871, 934; 2/222, 348, 349, 568, 731; 4/557, 561, 680, 707; 5/113, 654
- Нефелометрия и турбидиметрия 3/439, 349, 440, 441; 2/148, 859; 4/757, 935; 5/172, 335
- Нефрасы 1/502; 3/466; 4/34
- Нефриск 2/204
- Нефрит 4/681
- Нефтегазача пластов 3/163, 1167, 1168; 4/80, 85; 5/949
- Нефтепереработка 3/441, 442-444, 448, 833, 856; 1/467
- в печах 3/1005-1008
- газы, см. *Газификация нефтяных остатков*, *Газы нефтепереработки*, *Газы нефтяные попутные*
- продукты, см. *Нефтепродукты*
- Нефтехимия
- процессы вторичные, см. *Отдельные процессы*
- каталитические, см. *Катализаторы процессов нефтепереработки*
- первичные, см. *Дистилляция нефти*, *Пиролиз нефтяного сырья*
- сырье, см. *Газовые конденсаты*, *Нефть и ее фракции*
- Нефтеполимерные смолы 3/444, 445, 750; 4/1090
- Нефтепродукты (нефтяные фракции) 3/445. См. также *Индивидуальные вещества*
- битумы, см. *Битумы нефтяные*
- как загрязнители среды 3/849-851, 858, 868
- кокс, см. *Кокс нефтяной*
- легкие 2/166, 167, 169
- масла, см. *Моторные масла*, *Нефтяные масла*, *Смазочные масла*
- осветительные, см. *Керосин*
- очистка 3/995; 5/568. См. также *Гидрообессеривание*, *Гидроочистка*
- адсорбционная 1/52, 53; 2/678; 3/443, 459; 4/928
- деасфальтизация 2/6, 7, 32, 168, 678; 1/398, 991, 1106; 3/441-443; 4/611, 612, 650, 1059
- деметаллизация 2/32, 6, 1327; 1/1106-1108; 3/441-462
- депарафинизация 2/33, 34, 103, 168, 363, 1043; 3/128, 281, 347, 441, 443, 446, 558, 884; 4/194, 650, 1059
- диочистка 1/52. См. также *Гидроочистка*
- контактная 2/903, 904; 1/52, 1090; 3/443, 884; 4/612; 5/29
- механическая 3/858
- перколяционная 3/967, 443, 884, 968, 969; 1/52
- селективная 4/610, 611, 612, 650, 1113, 1115; 2/121, 903; 3/443, 995; 5/29
- сериокислотная 4/649, 650, 1116; 2/903; 3/443, 864, 884, 995

- фенольная 4/1116
- фракционное плавление 2/1044
- получение, см. *Нефтепереработка, Нефтехимия, Нефть*
- растворители, см. *Нефтяные растворители*
- ростовое вещество 3/303
- светлые 3/446; 4/1059–1061
- свойства 1/1090; 3/446–448, 487
- смазки, см. *Смазочные материалы*
- смола 3/466, 446, 447, 467; 1/398; 2/1276
- состав 3/377, 378, 462
- средние 2/166, 167, 169, 170
- сульфонаты 3/185, 1168
- твердые углеводороды, см. *Озокерит, Парафин, Церезин*
- темные 3/446
- топлива, см. индивидуальные поставители и их группы
- тяжелые 2/166, 167, 169, 170
- Нефтехимия** 3/448, 449–451, 856. См. также *Нефтепереработка, Нефтепродукты, Нефть*
- Нефть(и)** 3/452, 1193; 5/42
- биохимические маркеры 4/661
- деэмульгирование, см. *Деэмульгаторы, Эмульсии*
- и нетрадиционные топлива, см. *Альтернативные топлива*
- и синтетическое жидкое топливо 4/701, 703–705
- извлечение из пластов, см. *Нефтеотдача пластов*
- исследование и анализ 2/292, 293; 3/458–461
- как загрязнители среды 3/849–851, 858, 865
- как каустобилиты 2/703
- классификация 3/461
- переработка, глубина 3/442–444
- очистка и продукты, см. *Нефтепродукты, Нефтехимия*
- первичная и вторичная 1/926, 927; 3/441–444, 462. См. также *Нефтепереработка*
- пиролиз, см. *Пиролиз нефтяного сырья*
- подготовка, см. *Обезвоживание и обессоливание нефти*
- разделение адсорбционное 1/63
- перегонка, см. *Дистилляция нефти*
- применение 3/441, 442, 445, 446, 448–450, 452, 462, 465. См. также *Основной органический синтез*
- происхождение 3/448, 457
- свойства 3/446, 453–458, 462, 463, 465, 1173
- состав 1/398, 1106, 1107; 2/169, 170, 965, 1276; 3/345, 347, 377, 442, 444, 447, 453, 454, 456–466. См. также *Нефтяные смолы*
- стабилизация 3/461
- Нефтяной кокс**, см. *Кокс нефтяной*
- Нефтяные масла** 3/465, 441–443, 445–448, 466, 995, 1005; 2/1276, 1319; 4/726, 1116
- белые 1/487; 3/446, 447, 466; 4/650, 726
- дистиллятные, см. *Дистиллятные масла*
- зимние 3/277, 472
- и асфальтены 3/398, 467
- и смолы 3/398, 467
- изоляционные 2/363, 676; 1/487; 3/446, 466, 1245, 1247
- как акарициды 1/106
- как амортизаторные жидкости 1/286
- как диэлектрики 2/268
- как дымообразователи 2/239, 240
- как канцерогены 2/606
- как мягчители 3/1116
- как наполнители 1/633, 634, 636; 3/326
- как теплоносители 4/1050
- как технологические смазки 3/1124–1127; 4/1116
- компаундированные 3/446, 466
- консервационные 2/900; 3/277, 466, 726
- летние 3/277, 472
- медицинские и парфюмерные 1/487
- металлоплакирующие 3/86
- моторные, см. *Моторные масла*
- нитрол 3/472
- нитрованные 2/900; 4/173, 175
- осмоление 1/31
- остаточные, см. *Остаточные масла*
- отбеливающие 3/658
- очистка, см. *Нефтепродукты*
- присадки, см. *Присадки к смазочным материалам*
- смазочные, см. *Смазочные масла*
- состав 3/446, 460, 465, 466
- стойкость к озону 3/661
- радиационная 3/1124
- эмульгаторы 1/17
- Нефтяные растворители** 3/466, 445, 446; 4/358
- Нефункциональные заместители** 3/572–574
- Нециновые кислоты 3/1082
- Неэквивалентный массообмен 2/1298
- Неэлектролиты, см. *Растворы неэлектролитов*
- Неэмпирические методы квантовой химии 3/467, 225, 237, 468, 469, 783; 1/667, 1066, 1067; 2/723, 1211; 4/119, 121, 421; 5/463, 876
- Ниакс** 4/31
- Ниамамид** 1/325, 326, 341; 2/371
- Ниацин** 3/469, 470, 471, 624, 697, 1077; 1/751; 2/407, 967; 4/524; 5/159
- Ниб** 1/1063
- Нибуфен** 1/346; 5/260
- Нивалинол** 3/153, 155
- Нивахин** 4/239
- Нитексин** 4/775
- Нигерицин** 2/522, 524
- Нитрогены** 3/471, 472; 2/302, 980, 990, 994–996; 4/800
- Нигрол** 3/472
- Нидокорбаран** 1/379
- Нижняя граница определяемых концентраций 3/136, 139
- Низин** 3/472, 925–927, 1088
- Низкотемпературные процессы. См. также *Криохимия, Холодильные процессы*
- дистилляция 3/101
- плазмохимические 3/1098, 1099–1101. См. также *Плазма, Плазмохимия*
- поликонденсация 3/1210, 1212, 1217–1219, 1240, 1259, 1261; 4/1084
- полимеризация 3/1267; 4/917
- ректификация 2/25; 5/4, 33
- Низорал** 4/228, 229
- Никелевые аккумуляторы** 1/110, 111
- Никелевый купорос** 3/484, 485
- Никелин** 1/384; 3/472
- Никелирование** 1/528, 974, 975; 2/321, 1101; 3/334, 479, 512; 4/900; 5/288
- Никелоцен** 2/362; 3/91, 477, 478
- Никель** 3/472, 454, 456–458; 2/789; 5/503, 895, 937
- аквакомплекс 2/930
- амальгамы 1/223
- амины 1/335; 3/474; 5/400
- арсенид 5/609
- бориды 1/703; 3/473
- галогениды 3/478, 79, 89, 90, 346, 474, 477, 479–481, 512, 576, 1019; 1/341, 667, 668, 673, 970, 974, 983; 2/1022; 5/16, 162, 195, 277, 390, 449, 454, 858
- гексагидрат 3/485
- гексафторосиликат 5/407
- гексацианоферраты 5/656
- гидриды 3/473, 475
- гидроксиды 1/110, 111; 2/710; 3/480, 481, 485
- гидросиликат 2/676
- интерметаллиды 1/331, 332, 384, 385, 1081, 1082; 2/477–481, 483–486, 669, 1146; 3/76, 147, 165, 473, 482, 484, 1053; 4/99, 618, 1023, 1024
- карбонат(ы) 3/479, 474, 475, 480, 485; 2/624, 473, 482
- карбонилы 3/486, 78, 84, 91, 473, 475–477, 480, 486, 575, 580; 1/430, 668, 889, 894, 916; 2/121, 633, 641, 642, 646; 4/206, 499, 500, 947, 1153; 5/332, 503
- металлаты 1/1035, 1049; 2/249, 944; 3/308, 472, 474, 576, 1012; 4/943; 5/631, 632
- нитрат 3/480, 481
- нитрид 3/473
- нитрит 3/517
- оксиды 3/481, 89, 90, 168, 473–475, 478, 482, 485, 515, 1075; 1/110, 111, 988, 1055; 2/13, 200, 242, 263, 672, 675, 676; 4/709, 839, 1010, 1057; 5/552, 943
- определение 1/120, 348, 739; 2/117, 451, 573, 710, 743, 1104, 1219, 1224, 1230; 3/113, 290, 475, 703, 969, 1058; 4/395, 399, 555, 1126, 1250; 5/431, 722, 723, 781, 837
- органические соединения 3/475, 62, 79, 84, 325, 349, 377, 476–478, 537, 539, 713, 736, 876, 1017, 1211, 1229; 1/364, 432–434, 571, 1094; 2/97, 117, 175, 177, 374, 646, 769, 927, 929, 944, 1001, 1035, 1085, 1171, 1172, 1253, 1327, 1328; 4/18, 501, 589, 900, 1062, 1088, 1140, 1148; 5/383, 384, 713, 721, 723, 935, 960
- перхлорат 3/990
- пигменты 3/1088
- получение 1/529, 869, 977, 1071, 1103, 1104, 1107, 1108; 2/6, 32, 84, 87, 116, 177, 263, 553, 573, 819, 822, 1153, 1243, 1250, 1251; 3/4, 7, 89, 90, 412, 474, 475, 479, 480, 486, 819, 825, 871, 1000, 1001, 1053, 1068, 1069, 1193; 4/139, 560, 561, 565, 613, 820; 5/207, 651, 749, 833, 853, 854, 923
- применение 1/339, 631, 632, 904, 1085, 1091; 2/615, 800, 802, 878, 1225–1227, 1232, 1240, 1243; 3/71, 87, 161, 301, 303, 475; 4/114, 115, 709, 835, 953, 1202; 5/61, 365, 487, 488, 733, 734, 739, 753, 901, 903, 904, 920, 926. См. также *Никелирование*
- Реней**, см. *Реней никель*
- свойства 1/315, 398, 399, 651, 963, 964, 1015, 1018, 1055–1058, 1082; 2/25, 43, 183, 282, 295, 321, 526, 664, 666, 669–672, 677, 680, 681, 751, 920, 1085, 1253, 1332; 3/74, 96, 97, 325, 346, 347, 372, 387, 388, 472–474, 486, 527, 680, 701, 768, 889, 890, 949, 955–958, 991, 1030, 1045, 1093; 4/325, 538, 601, 803, 804, 813, 816, 980, 1056, 1091, 1101, 1106, 1137, 1198, 1201, 1269; 5/13, 49, 56, 68, 119, 122, 124, 125, 127, 130, 133, 141, 164, 264, 362, 392, 455, 651, 681, 701, 713, 722, 726, 749, 975, 978, 980
- селенид 3/165, 473; 4/505, 618
- силициды 3/473; 4/684
- сплавы 3/482, 15, 147, 249, 334, 475, 483–486, 492, 546, 695, 754, 825, 872, 889, 1088, 1133; 1/214–218, 459, 820, 821, 875, 1063; 2/249, 250, 257, 260, 261, 263, 320, 321, 486, 548, 625, 734, 736, 737, 801, 827, 828, 878–880, 947–950, 962, 1146, 1202, 1241–1243, 1283, 1318, 1331–1333; 4/139, 142, 157, 467, 809, 876, 1008, 1009, 1180, 1181; 5/198, 451, 611, 766, 947, 966
- сульфат 3/484, 475, 480, 485; 1/974; 5/669
- сульфиды 3/485, 472, 474, 486, 1053, 1133; 2/670, 675, 1000, 1001; 4/193, 505
- теллуриды 2/478, 479; 3/473
- тетрафтороборат 5/400
- тиоцианат 4/501
- токсичность 2/606; 3/1194
- феррит 2/734; 5/163
- фосфаты 3/473, 474; 5/250–252
- фосфиды 3/473; 5/256–258
- цианиды 1/513; 2/1043, 1327, 1328; 3/474; 4/501, 557; 5/703
- Никетамид** 3/487
- Никлозамид** (никлосамид) 3/252; 4/225, 226
- Никлофан** 4/225
- Никодин** 2/277; 3/487
- Никольского уравнение** 2/513
- Николя** призма 5/540
- Никонтрены** 2/1095
- Никоси** 2/1243
- Никотеллин** 3/1047, 1048
- Никотин** 1/292, 427, 1181; 2/468, 475; 3/487, 1047, 1048, 1080; 4/495, 516, 517; 5/592, 593, 1051, 1052
- Никотинамид** 1/39, 261; 3/200, 469–471, 487; 4/241
- Никотинамидаденилдинуклеотид** 1/165, 194, 417, 608–611, 1047, 1136, 1142–1144, 1149, 1150, 1153, 1155, 1156; 2/967, 968, 1140, 1190; 3/36, 156, 200, 469–471, 503, 669, 670, 697, 810, 920; 4/497, 541, 1228, 1259–1262; 5/148, 971. См. также *НАД, Никотинамидные коферменты*
- Никотинамидаденилдинуклеотилфосфат** 1/194, 300, 609, 1026, 1095, 1096, 1149, 1150, 1152, 1153, 1155, 1156; 2/241, 364, 967, 968; 3/469–471, 503, 697, 810, 918–920; 4/1119; 5/148, 162, 344–349. См. также *НАДФ, Никотинамидные коферменты*
- Никотинамидмоноуклеотид** 1/1132
- Никотинамидные коферменты** 2/967, 968; 3/487, 503, 504, 624, 697, 1077; 4/524, 1228; 5/159
- Никотинилпигмент** 3/470
- Никотиновая кислота** 3/487, 120, 469, 470, 1019; 1/250, 1118, 1119; 2/142, 407, 426; 4/775; 5/527, 758
- амид** 1/39, 261; 3/200, 469–471, 487; 4/241
- нитрил 3/512, 1019
- Никотинуровая кислота** 3/470
- Никоформ** 3/487
- Нилевар** 1/290, 291
- Нильсборий** 3/487, 413, 488, 958, 961
- Нимоник** 3/482
- Нингидрин** 1/304, 476, 556; 2/1108; 3/488, 711; 4/397
- Нингидриновая реакция** 3/488, 711, 930; 1/475; 2/476; 4/191, 397
- Ниобаты** 3/488, 489, 493–496, 777; 4/575, 985. См. также *Танталониобаты*
- Ниобиевые кислоты** 1/1060; 3/488, 494–496
- Ниобий** 3/490, 90, 491; 5/923, 937, 938
- арсенаты 1/382
- борид 1/583, 584

- галогениды 3/494, 489, 492, 493, 495, 496, 751, 1069; 1/950; 2/933, 1170; 4/944, 981
гидриды 3/490, 491
гидроксид 3/492
интерметаллиды 1/332, 935, 1037; 2/480, 485, 486; 3/491, 493, 498; 4/584, 587
карбид 1/815; 2/260, 624, 734, 736; 3/491–493; 4/1009
нитриды 3/491, 493, 509; 4/584, 585, 1009
оксиды 3/496, 485, 486–492, 495, 497, 696, 969, 971; 2/709, 1206; 4/838, 981, 984
оксонитрат 3/504
определение 1/120, 121, 124, 1116; 2/709, 731, 1090, 1104; 3/272, 492, 969, 1044, 1057; 4/397, 982; 5/128
перхлорат 3/990
питтинги 3/1087
получение 1/468, 869, 1103, 1104; 2/84, 519, 546; 3/88, 90, 93, 413, 491, 492, 495, 497, 981, 1000, 1068–1070, 1077, 1193; 4/139, 142, 559, 561, 567, 1165; 5/651, 833
применение 1/1063; 2/1227, 1241; 3/492, 493; 4/835, 1010; 5/730, 908, 989
свойства 1/1018; 2/383; 3/74, 96, 97, 255, 487, 490, 491, 955, 958; 4/321, 431, 434, 574, 584, 587, 723, 813, 1009
селенид 4/584, 618, 619
силициды 4/684
соединения, галлиевый борат 2/222
– германиевый гранат 1/1035
– межгалогенные 3/494, 577
– перовскиты 3/969
– пероксокомплексы 3/975
– органические 3/493, 494, 1056; 1/166, 167, 169, 364, 365, 433; 2/203; 4/986
сплавы 3/497, 88, 100, 249, 482–484, 492, 498, 754, 758; 1/618, 819, 987, 1039; 2/249, 250, 260, 947, 948, 1153; 4/584, 685, 708, 984, 985, 1180; 5/80, 81, 618, 762, 766
сульфаты 3/491
сульфиды 3/491; 4/584
тиоцианат 4/1165
фосфиды 3/491
хлориды 5/16, 703
цианиды 5/703
Нитробензол 3/78, 91, 92, 494
Нитроглицерин 2/844
Нитроглицерин 5/722, 723
Нитрон-1 4/26
Нитролы 1/629, 631, 635; 2/375–378
Нитролеон 3/1232–1235
Нитро ионный источник 2/1309
Нитроанол 2/412
Нитрогидратная реакция 3/498, 499
Нитратин 3/499, 1/321; 2/1262; 4/228
Нитрафугин 3/499
Нитратные кристаллы 3/499, 74, 87, 255, 415, 417, 500, 501; 2/52, 877, 879, 1070; 4/251
Нитри
высокообъемные 4/1014–1017
как наполнители 3/328, 802–804
кордные 1/731–733
крашение 2/992
одиночные, см. *Мононитри*
неорганические 3/74, 417; 4/846
полинозные 1/731–733
путанка 1/807
текстильные. См. также *Волокна*
– авиаж 4/1012
– вискозные 1/731–733; 3/64
– для нетканых материалов 3/435–437
– замасливание 4/1012
– медноаммиачные 3/4
текстурированные 4/1014, 89, 90, 1015–1017; 1/806; 3/1203–1206; 5/166, 232–234, 237
термостойкие 4/1083, 1084
технические 1/802–804, 806; 3/1203, 1204
фибриллированные 5/166, 167
химические 1/802–806; 3/1203–1206, 1230, 1231, 1236, 1239, 1241; 4/27, 40, 41, 50, 88–90, 844, 845; 5/389, 390
хирургические 3/1241, 1263
элементарные 1/800; 5/167
Нитроилы 3/484; 4/1181
«Нитр» 3/575. См. также *Азот*
Нитрагин 1/451
Нитразепам 3/501; 4/269, 743, 1225
Нитралин 1/1027
Нитрамиды 3/501–503, 510, 511; 4/898
Нитрамыны 3/501, 502, 503, 532, 553; 1/607, 608, 705; 2/402; 4/1111, 1203
Нитран 1/1027
Нитратин 2/457
«Нитратное» дыхание 2/240; 3/503
Нитратные удобрения 1/92, 102, 103. См. также *Калий нитрат*, *Натрий нитрат*, *Селитры*
Нитратредуктазы 3/503, 504; 5/150
Нитраты
неорганические 3/504, 146, 166, 357, 505, 1055, 1075; 1/768, 1122; 2/240; 3/503; 4/482, 621, 731, 750, 774; 5/150, 431, 864
органические 3/505, 342, 503, 506, 507, 518, 528, 531, 532, 558; 4/774; 5/65, 985
– ДИНА, см. *Дизтанолнитрамин-динитрат*
– как растворители 4/359
– тринитрилы, см. *Нитроглицерин*
– ТЭН 3/507
– целлюлозы, см. *Целлюлозы нитраты*
– этиленгликоля, см. *Дизтиленгликольдинитрат*, *Этиленгликольдинитрат*
Нитрафен 5/142
Нитрены 3/507, 508, 532, 540, 554, 734, 1045; 1/7, 73, 76, 758, 1179; 2/622, 1185; 4/798; 5/442, 443, 938
Нитриды 3/508, 509, 510; 1/275, 1164; 2/453, 1153; 4/482, 575, 980–982; 5/703, 704
гели-микрофазы 2/340
как катализаторы 2/671
как легирующие добавки 4/1009, 1010
как материалы волокнистые 3/329
– – керамические 2/734, 737
– – конструкционные 2/903
– – оптические 3/777
– – радиопоглощающие 4/332
как фазы внедрения 3/75, 76
кластерное состояние 2/796
металлов 1/1191; 2/417; 3/648–650; 4/465; 5/510. См. также отдельные химические элементы
минералы 3/165, 166
номенклатура 3/576
Нитрил 3/577
соединения 3/510, 511, 533, 577, 989. См. также индивидуальные представители
Нитриламины 5/738
Нитрилоборофторид 3/533
Нитрилгалогениды 1/93, 95, 96, 98, 950; 3/510, 511
Нитрилгипохлорит 1/1119, 1120
Нитрилы соли 1/278; 2/420; 3/513, 721; 4/525, 866
5,5-Нитрилодифторированная кислота 3/290
Нитрило-трис-(метилен)трифосфоновая кислота 3/511
Нитрилоксиды 1/85; 4/1154; 5/125, 738
Нитрилотриметиленфосфоновая кислота 3/511, 512, 1089; 2/872
Нитрилотриуксусная кислота 2/870, 872; 4/255, 699
Нитрилотриэтанол 5/974
Нитрилы 3/512, 510; 5/60, 125, 142, 239, 241, 242, 280, 369, 385, 449, 450, 699, 704, 705, 710, 784, 785, 993, 1011. См. также индивидуальные представители
алканы 1/677; 2/332; 3/224
алифатические 1/258; 3/370, 516, 707, 708, 817, 1027; 4/287, 865, 866, 1126, 1263; 5/14, 197, 432, 449, 702
ароматические 3/224, 673, 1028; 4/865; 5/379, 380, 449
гетероциклические 1/17; 3/1028; 4/865, 866
жирно-ароматические 4/865; 5/449
изомеры, см. *Изонитрилы*
изолды 1/77
кислота(ы) адипиновая, см. *Адиподинитрил*
– азиомасляная, см. *2,2'-Азио-бис-изобутиронитрил*
– акриловая, см. *Акрилонитрил*
– аминокислотные, см. *Аминонитрилы*
– бензойная, см. *Бензонитрил*
– гидроксикарбоновые, см. *Ацетонциангидрин*, *Оксинитрилы*, *Циангидрины*
– карбамина, см. *Цианамид*
– малоновая, см. *Малононитрил*
– метакриловая, см. *Метакрилонитрил*
– муравьиная, см. *Синильная кислота*
– никотиновая 3/512, 1019
– пиколиновая 3/1019
– синильная, см. *Цианиды*
– уксусная, см. *Ацетонитрил*
– фенилуксусная, см. *Бензилцианид*
– фталевые, см. *Фталонитрилы*
номенклатура 3/573
N-оксиды 2/360, 361; 3/674
определение 3/516
полимерные, см. *Полиакрилонитрил*, *Полирекомбинация*
получение 1/469, 969, 1116; 2/11, 315, 373, 629, 863; 3/515, 516, 554, 672, 673, 702, 833, 1059; 4/1204
применение 2/464; 3/516, 517, 1199, 1208; 4/306. См. также *Бутадиен-нитрильные каучуки*
свойства 1/74, 199, 201, 225, 229, 230, 272, 469, 497, 825, 946, 1077, 1179, 1203; 2/76, 372, 415, 420, 421, 456, 647, 697, 831, 1203, 1252; 3/512–515, 671, 734, 764, 945, 946; 4/270, 288, 515, 525, 539, 639, 651, 802, 872, 1135, 1137, 1222, 1249, 1250, 1253
тетрацианоэтилен 4/1108, 1109
Нитрильные каучуки 3/445; 4/342, 445. См. также *Бутадиен-нитрильные каучуки*
Нитрит-нитратная смесь 4/1050
Нитритредуктаза 5/150
Нитриты
неорганические 3/517, 357, 358, 504, 518; 1/1122; 2/117, 436; 4/482, 774, 1050, 1141; 5/819. См. также *Азотистая кислота*
определение 4/1198; 5/150
органические 3/518, 503, 517, 519, 530, 531, 539; 2/606, 900; 4/774
Нитрификация 2/568; 4/621
1-Нитроадамantan 1/34
Нитроакриды 1/112
Нитроалканы 1/225, 316; 2/28, 787, 1279; 3/32, 33, 109, 180, 529, 550–559; 5/125
1-Нитро-1-алкены 1/360
Нитроалкидные лаки, см. *Эфирацеллолозные лаки*
Нитроальдегиды 4/278, 279
Нитроаминонафтолы 1/258, 259; 3/1015
Нитроаминопириды 1/261
Нитроаминопириды 3/502
Нитроаминотолуолы 1/78, 80
4-Нитро-2-амино-1,3,5-триметилбензол 3/25
3-Нитро-2-аминофенол 3/562
Нитроаминифенолы 3/519, 563, 694
Нитроаминифенолы 3/503–505, 533
Нитроаминифенолы 2/869, 870; 3/519, 520
Нитроаминифенолы 1/467; 2/829, 869; 3/172, 520
Нитроаминифосфаты 3/519, 172, 520, 521; 1/467; 2/829, 869, 870
Нитроаминифенолы 1/258, 259; 3/522
Нитроаминифенолы 3/521, 522; 1/304; 5/368
Нитроаминифенолсульфокислоты 3/522
Нитроаминифенолы 3/522, 501, 521, 523, 563, 565; 1/77, 78, 80, 272, 425, 489; 2/75, 82, 83, 132, 133; 5/65, 124, 423, 558, 647
5-Нитроантрахинон-2-карбальдегид 3/524
Нитроантрахинонкарбоновые кислоты 3/523, 524; 1/155, 550; 4/73, 74
Нитроантрахинонсульфокислоты 1/238, 354; 3/524
Нитроантрахиноны 3/524, 525; 1/240, 349
n-Нитроацетанилид 1/425
5-Нитроацетанилен 1/418
5-Нитроацетаниленхлорид 1/419
Нитроацетаты 3/546
α-Нитроацетонитрилы 5/431
m-Нитроацетонитрилы 1/441
5-Нитроацетонитриловая кислота 1/455
Нитробарит 1/461
Нитробензальдегиды 1/237, 375, 492; 3/559, 691; 5/117, 520
m-Нитробензамид 1/488
2-Нитробензидин 1/490
Нитробензилламин 1/494
o-Нитробензилитол 1/493
4-Нитробензилхлорид 3/559
6-Нитробензимидазол 4/254
n-Нитробензоат 5/147
3-Нитробензоилхлорид 1/505
тетраис-(4-Нитробензоил)пентаэритрит 3/916
m-Нитробензолпероксид 1/506
N-(n-Нитробензоил)пиперидин 3/1029
Нитробензоилхлориды 1/489; 3/526; 4/396
Нитробензойные кислоты 3/525, 526, 559, 561, 568, 693; 1/254; 4/396
Нитробензол 3/526, 118, 471, 527, 528, 531, 551, 555, 558, 559, 565, 652, 665, 676, 690, 913, 950, 1045, 1246; 1/155, 239, 242, 254, 268, 306, 425, 490, 492, 1075, 1161; 2/78, 86, 132, 133, 136, 665, 976, 1104, 1224; 4/71, 73, 74, 359, 750; 5/66, 115, 126, 139, 145, 369, 383, 412, 567, 607, 647, 722, 860, 903
n-Нитробензолдиазоний 1/80
2-Нитробензолсульфеновая кислота 4/908
m(3)-Нитробензолсульфокислота 3/527, 528, 1017; 1/80, 239, 240, 680; 2/78; 5/558
3-Нитробензолсульфохлорид 3/527, 528
n-Нитробензоморфоллин 3/276
4-Нитробензо-2,1,3-тиадiazол 1/526

м-Нитробензотрихлорид 1/530

1-Нитробутан 2/1298

Нитрование 3/528, 346, 384, 387, 521, 523, 526, 527, 529-532, 547, 558, 560, 561, 563, 565, 710, 795, 951; 1/1161, 1162, 1217; 2/90, 91, 132, 133, 210, 360, 456, 1086; 4/66, 273, 549, 924, 1156, 1201; 5/21, 132, 141, 400. См. также *Нитрогруппа*, *Нитрующие смеси* в ароматическом ряду 4/417 гетеролитическое 1/1060 деструктивное 3/546 заместительное 2/314, 439, 534; 3/28, 101, 551-555; 5/428, 905 нуклеофильное 3/528-530, 551-555 окислительное 4/1267, 1268 орбитальные взаимодействия 1/1186; 3/236 паровое 3/531, 557 по Коновалову 2/899, 900 присоединительное 3/528-530, 555, 556 радикальное 2/313; 3/101, 528, 530, 531 скорость, корреляция 2/940 электрофильное 2/314, 439; 3/28, 526, 528-530, 534, 535, 554, 555, 558; 5/905

Нитрогены 1/103, 104, 1152; 2/797 3-Нитро-4-гидроксифенил 5/127 Нитрогликоль 1/706; 3/507

Нитроглицерин 3/531, 505, 507, 532; 1/280, 453, 607, 608, 705, 706, 1145, 1146; 2/126, 934; 4/162, 342, 774, 1102; 5/117, 985, 986, 988, 1012

Нитрогруппа 1/97; 2/899, 900; 3/510, 528-531, 550-559, 569, 573; 4/396; 5/493, 494. См. также *Нитрование*, *Нитросоединения*

Нитрогуанидин 1/1210; 5/701

9-Нитродекалин 2/26

Нитродиамофос 3/520

Нитродиамофоска 3/520

7-Нитро-2,3-дигидро-5-(2-хлорфенил)-1,4-бензодиазепин-2(1H)-он 4/240

4-Нитро-1,8-диметилнафталин 1/117

Нитродифениламин 1/248; 2/149

Нитродифениловые эфиры 1/1027

Нитродифенилы 1/566

1-Нитро-5,8-дихлорантрахинон 3/524

5-Нитро-2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота 5/586

6-Нитро-2,4-дихлорхназолин 5/520

Нитродизетилмалонат 3/529

Нитроза 4/644, 647, 648

Нитрозамины 3/532, 347, 518, 533, 535, 539, 1036; 1/270, 290, 745, 1075; 2/72-74, 133, 134, 604, 606; 5/19, 199, 200

Н-Нитрозаммоний-катион 2/74, 75

Нитрозил, соединения 3/533, 577; 2/137

галогениды 1/93, 95, 96, 98, 715, 950; 2/182; 3/58, 59, 70, 71, 346, 518, 533-535, 541, 542, 558, 983, 987; 4/548, 661, 1138, 1265; 5/9, 146, 200, 241, 722

дитионат 3/534

кислота селеновая 3/534

-серия 1/93, 95; 2/16, 75, 616; 3/534, 535

нитропруссид натрия 1/437, 1120, 1152; 2/171, 711, 1148, 1276; 3/64, 67, 133; 4/774, 1127, 1164

номенклатура 3/577

перхлорат 3/534, 988, 989

сульфаты 1/95; 2/616; 5/521

сульфохлорид 3/534

тетрафтороборат 5/400

Нитрозирование 3/534, 518, 533, 536, 538, 541, 542, 556, 710, 797, 1029; 1/1094; 2/74, 75, 95, 117, 455, 460,

616, 618, 943, 1137; 4/924; 5/21, 400, 722

внутримолекулярное 3/535

заместительное 5/905

окислительное 3/535

по Бартому 1/464; 3/535

радикальное 3/534, 535

фотохимическое 2/615; 3/535; 5/358

электрофильное 3/534, 535; 5/905

Нитрозы 5/115

Нитрозные газы 3/357, 505, 518, 530

Нитрозоалканы 4/1104

Нитрозоалкилариламины 5/200, 530

N-Нитрозо-N-алкилмочевины 3/293

Нитрозоалкиуретаны 1/655; 3/293

N-Нитрозоамиды 3/532, 533

N-Нитрозоамины, см. *Нитрозамины*

N-Нитрозоанилиды 2/464, 465

л-Нитрозоариламины 2/455; 3/533

Нитрозоацетанилид 1/105

N-Нитрозоацетиламин 1/1157, 1158

2-Нитрозоацетоуксусный эфир 4/1248

N-Нитрозоацилариды 2/73

Нитрозобензол 3/539

O-Нитрозогидроксиламин 3/539

1-Нитрозо-2-гидроксис-3,3,4-трихлор-3,4-дигидронафталин 3/538

N-Нитрозоглицины 3/28

Нитрозогруппа 3/534, 535, 539-542, 569, 573; 4/396; 5/493, 494. См. также *Нитрозирование*, *Нитросоединения*

N-Нитрозодиметиламин 2/604; 3/106, 107, 293, 532

л-Нитрозодиметиланилин 3/535, 536; 1/680; 2/114, 438, 1032; 5/530, 647

Нитрозодифениламин 3/536; 1/248, 847; 2/181, 377; 5/570

л-Нитрозо-N,N-диэтиланилин, гидрохлорид 3/676

N-Нитрозо-3-карбазол 3/533

Нитрозокрасители 3/536, 537; 2/979; 5/1001

Нитрозол А 3/537

Нитрозометан 3/539

N-Нитрозо-N-метилмочевина 2/71; 3/294, 532, 533

N-Нитрозо-N-метил-л-толуолсульфамид 2/71; 4/1203

N-Нитрозометиуретан 2/71; 5/87

Нитрозоочевина 4/234

Нитрозоафтиламины 5/199, 200

N-Нитрозо-N-1-нафтилгидроксиламин 2/1104

Нитрозоафтолы 3/537, 536, 538, 539, 1018; 2/822; 4/394; 5/749

Нитрозоний 2/75; 3/511, 533-535, 988, 989; 5/400. См. также *Нитрозил*, *соединения*

2-Нитрозо-2-нитропропан 3/539

Нитрозопентахлоруретан 4/564

Нитрозоперфторалканы 3/983; 4/1104

Нитрозоперфторкаучуки 5/39

Нитросоединения. См. также *Нитрогруппа*, *индивидуальные представители* и их группы

алифатические 3/532, 535, 540-542, 678; 5/65, 545

ароматические 3/535, 536-539, 542, 549

как порообразователи 3/908

как спящие ловушки 3/541; 4/795, 796

номенклатура 3/573

определение 2/1100, 1108; 3/542, 797

получение 1/1095, 1096; 2/900; 3/518, 533, 541. См. также *Нитрозирование*

примеси 3/518, 519, 533

свойства 1/90, 633, 1095, 1096; 2/113, 139, 272, 347, 404, 410, 710,

858, 1214; 3/131, 536, 539-541, 545, 546, 553, 554, 1035; 4/304

C-формы 3/539, 540-542

N-формы, см. *Нитрозамины*

O-формы, см. *Нитриты органические*

Нитрозоалкилы 1/464, 465

Нитрозографтороборат 3/518

N-Нитрозоэтилены 2/69

Нитрозоэтиленуретан 4/564

Нитрозоуретаны 5/87

Нитрозофениламин 5/199, 200

N-Нитрозофенилгидроксиламин 2/1104

Нитрозофенолы 3/542, 535, 536, 676; 1/532; 2/73, 455, 460, 618; 5/530

1-Нитрозо-3-хлор-2-гидроксинафталин 3/538

Нитрозохлорид 3/918

N-Нитрозо-N-этилмочевина 3/294

Нитрозофталевые кислоты 2/396

Нитромидазолы 4/233, 239

2-Нитро-1,3-индандиол 2/439

Нитроиндолизин 2/963, 964

Нитроиндолы 2/497

Нитрокарбазолы 2/474, 618

α-Нитрокарбоновые кислоты 3/557

Нитрокетоны 3/109, 529, 557, 1033

Нитрокетчатка, см. *Нитроцеллюлоза*, *Целлюлоза*, *нитраты*

Нитрокомплексы, см. *Нитрил*, *соединения*

Нитрокоричневые кислоты 2/935

Нитроокрасители 3/542, 543; 2/979

Нитроалканы 4/232

4-Нитрооксантоксины 2/1087

Нитроксиды 4/302-304

Нитроксилолы 2/1091

Нитроксильные радикалы 3/543, 541, 544-546, 549, 550, 681; 1/562, 1095; 2/419, 432, 872, 873; 4/302-304, 314, 589, 790-792, 795, 815, 816, 1256

Нитроксиформид 1/97

Нитролаки 1/438, 1208; 2/660; 4/800; 5/134, 667, 1006, 1007

Нитролиз 3/530

Нитроловые кислоты 3/556

Нитрометилэны 3/25, 27

2-Нитро-5-меркаптобензойная кислота 5/942

Нитрометан 3/546, 101, 528, 547, 550, 551, 555, 558, 701, 729, 1040, 1073; 1/159, 316, 421, 427, 608; 2/732, 912; 4/194, 195, 359, 1101; 5/860, 970

Нитрометилантрахиноны 1/155, 240, 351; 4/73

Нитрометоксианилины 1/258, 259

8-Нитро-6-метоксибензотриазол 1/258

1/258

2-Нитро-4-метоксифенол 1/258

Нитроочевина 4/622

Нитроомускусы 3/291, 292

Нитрон

волокно 3/1198-1200

реагент в анализах 1/94; 3/192, 505; 4/466, 467, 1254

Нитронаитрат 3/357

Нитронафталинсульфокислоты 3/381, 547

Нитронафталины 3/547, 371, 383; 4/1266

4-Нитро-1-нафтиламин 3/547

Нитроний, соединения 1/1186; 2/137, 497, 506, 510, 511, 528-530, 544, 558, 987-990, 1237; 4/342, 525

Нитронитраты 3/531, 558

Нитронитриды 3/531, 558

3-Нитро-5-нитробензол 3/522

Нитро-N-нитрозодифениламин 3/536

3-Нитро-N-нитрокарбазол 3/534

Нитроновые кислоты 3/438, 439, 550-552

хинозамещенные 2/1086

эфиры 3/550-552, 554, 721

Нитроны 3/547, 540, 541, 545, 548-550, 678, 702; 1/465, 1095; 2/404, 1032, 1033, 1252; 4/304, 795; 5/738

Нитроолефины 1/316; 3/551, 556

Нитропарафины 1/266; 2/1148; 3/530, 531, 546, 550-559; 4/194, 342, 731; 5/961

Нитропиридины 1/63; 4/1117

Нитропиразолы 3/1034

3-Нитропиридины 3/1045

Нитропирролы 3/1078

2-Нитро-1,3-пропандиол 3/558

Нитропропанол 5/1054

Нитропропаны 2/758; 3/550, 551, 702; 4/194

Нитроредуктазы 4/233

Нитросалициловые кислоты 1/263

Нитросоединения 3/785; 5/123. См. также *Нитрогруппа*, *индивидуальные представители* и их группы

алифатические 1/1184; 3/32, 530, 531, 546, 547, 550-559

ароматические 1/545, 705; 2/405; 3/522, 525-527, 531, 546, 550-559, 561-563; 4/223, 1082, 1111, 1265, 1266; 5/1057

взрывчатые, см. *Взрывчатые вещества*

иоменклатура 3/573

определение 2/1100; 3/797; 5/1057

получение 1/1161; 2/899, 900, 1205; 3/506, 517, 547, 557, 558; 5/8, 11. См. также *Нитрование*, *Нитрующие смеси*

применение 2/432, 899; 3/558, 559

свойства 1/90, 272, 316, 1082, 1095, 1184; 2/331, 640; 3/33, 519, 521, 550-557

аци-формы, см. *Нитроновые кислоты*

нитроний-формы, см. *Нитрил*, *соединения*

C-формы 3/550, 551-559; 5/65

N-формы, см. *Нитрамины*

O-формы, см. *Нитраты органические*

Нитросорбид 4/774

- 4-Нитрофеилаланин 5/121
L-(+)-*трео*-1-(*п*-Нитрофенил)-2-амино-1,3-пропандиол 3/879
п-Нитрофенилгидразин 1/428
м-Нитрофенилгидроксиланин 2/132
п-Нитрофенилдиазония соли 1/80, 520; 2/941; 3/1050
4-Нитрофенилдибутилфосфинат 5/260
7-Нитро-5-фенил-2,3-дигидро-1,4-бензодиазепин-2(1*H*)-он 3/501
1-(*п*-Нитрофенил)-3,5-диметилпиразол 1/428
бис-(3-Нитрофенил)дисульфид 3/527
D-(—)-*трео*-1-(*п*-Нитрофенил)-2-дихлорацетиламино-1,3-пропандиол 2/152
4-Нитрофенилдиамин 3/522, 523
3-Нитрофенилдиоксидант 4/396
трис-(*п*-Нитрофенил)метан 5/6
2-(2-Нитрофенил)-3-метил-3-бромидол 1/477
Нитрофенилнитрометилпиразолон 1/534
п-Нитрофениловые эфиры 1/1151; 3/931, 1209; 5/296
2-(2-Нитрофенилсульфенил)-3-метил-3-бром-3*H*-индол 5/1
2-Нитрофенилсульфенилхлорид 5/1
п-Нитрофенилсульфиты 4/922
бис-(*п*-Нитрофенилсульфонил)амин 4/897
2-Нитрофенилфлуорон 5/128
бис-(*п*-Нитрофенил)фосфат 3/1077
Нитрофенилы 3/569
Нитрофенолсульфокислоты 5/569
Нитрофенолы 3/562, 107, 163, 471, 519, 521, 522, 526, 555, 561–563, 565, 714, 1258; 1/268, 337, 1027; 2/132, 466, 475; 4/649, 1266–1268; 5/115, 141, 242, 647, 648, 942
3-Нитрофенолазидин 5/145
Нитрофлуорены 3/529; 4/502
Нитроформ 3/550
Нитрофос 2/869, 870; 3/564
Нитрофоска 1/847; 2/869; 3/172, 564
Нитрофосфаты 3/564, 172; 1/847; 2/869, 870
Нитрофталевые кислоты 2/1224; 3/547; 5/377
3-Нитрофталевый ангидрид 4/396
Нитрофунгин 4/230
Нитрофураны 1/453; 3/558; 4/232
1-(5-Нитрофурилдензамин)гидантонингидрат 5/426
5-Нитрофурил 4/623; 5/426
6-Нитрохинозолон 5/521
2-Нитрохинозарин 5/521
5-Нитрохинокалин 5/523
Нитрохлор 1/1027
Нитро-4-хлоранилины 5/558
Нитрохлорантрахиноны 1/245, 944
3-Нитро-4-хлорбензолсульфокислота 3/522, 565. См. также *Хлорнитробензолсульфокислоты*
3-Нитро-4-хлорбензолсульфохлорид 3/543
Нитрохлорбензолы 3/565, 521, 523, 562, 563, 566; 1/268, 304; 2/203, 1041; 4/126
п-Нитро-β-хлоркоричный альдегид 1/338
1-Нитрохлорнафталины 3/547
4-Нитро-2-хлортолуол 3/560
бис-(2-Нитро-4-хлорфенил)дисульфид 5/569
4-Нитро-2-хлорфенол 4/230
6-Нитрохризен 5/607
Нитроцеллюлоза 1/453, 642, 726; 2/126, 133, 210, 212, 214, 304, 800, 996, 1311; 3/159, 531, 1013, 1122; 4/731, 732, 926, 1090; 5/7, 117, 147, 787, 979, 985, 989. См. также *Целлюлоза, итраты*
лаки, см. *Эфирцеллюлозные лаки*
политур 4/33
пороха 4/135, 136
Нитроцементация 5/451
5-Нитро-1-цианоантрахинон 3/524
Нитроциклоалканы 2/900; 3/557; 5/722
Нитроциклогексациены 2/91; 5/141, 142
Нитроцинолины 5/758
Нитроэмали 3/1013; 5/667
Нитроэтан 3/550, 552, 555; 4/194, 359; 5/973, 979
о-Нитроцилбензол 1/531; 5/130
Нитроэтилен 4/872
2-Нитро-2-этил-1,3-пропандиол 1/269
Нитроэтоксидбензолы 3/561, 562
Нитроэфиры 1/453, 705; 2/126, 127; 4/731. См. также *индивидуальные представители*
Нитрующие смеси 2/618, 896, 1024; 3/502, 503, 506, 519, 522, 524, 527–529, 532, 547, 558, 560, 561; 4/1101, 1111; 5/6, 141
Нифедипин 4/773
Никромы 3/74, 482; 4/809
НК, см. *Каучук натуральный*
НМФ, см. *Нуклеозидмонофосфат*
НМХ, см. *Октоген*
Нобелий 3/566, 957; 1/131, 132
Нобилетин 5/200
Нобриум 4/1225
Новарсеол 3/318
Новатекс 3/1139
Новобиоцин 3/566, 567; 1/320
Новодрип 2/346
Новоканн 3/567, 68, 568, 1230; 2/215; 4/695, 1263; 5/979
Новоканнамид 3/567, 568; 1/319, 320
Новолаки 3/568
Новолачные смолы 3/568, 911, 912, 1212; 1/156; 4/165, 446, 668; 5/134–137, 143, 340, 430
Новолон 4/30, 31
Новотного фазы 4/685
Новурит 2/181
Новые атомы 1/787
Новомбин 4/234
Нолы 2/58, 61, 63
Ножевая коррозия 2/947
Ножевые мельницы 2/354–356
Нозепам 4/1224, 1225
Нокардицины 2/1136
Нокблон 4/134
Номекс 1/623, 805; 4/771, 1082–1084
Номенклатура
 стереохимическая 3/568, 263, 265, 569–572, 606; 2/369, 1189; 4/848, 859
 Фишера 5/573
 химическая 3/572, 573–577; 2/976, 977; 4/848; 5/511
Нонаборан 1/588, 589
Нонагерманиевая кислота 1/1034
Нонадекановая кислота 1/863, 864
Нонадециловая кислота 1/863, 864
Нонадециловый спирт 1/860
Нонакарбонилдижелезо 2/252, 253, 274, 276
γ-Ноналактон 3/1089
Нонаметилендиамин 4/25
Нонан 3/345
Нональ 3/577
Нонановая кислота 3/897
Нонаны 2/686
Нонапептиды 2/759, 760; 3/712
Нонафлаты 3/980
Нонивариантность системы 5/98, 99
1-Нонен 2/251; 3/118
2-Ноненовая кислота 3/421
Нонилловый альдегид 3/577
Нонилловый спирт 1/866; 2/799; 3/577
Нонилтрихлорсилан 2/1032
трис-(4-Нонилфенил)фосфит 1/635; 4/815
Нонилфенолы 5/950
Ноиозы 3/263
Ноноксы 5/126
Нонпермеат 1/798
Ноисенс-мутация 3/300
Ноотропные препараты 3/577, 400, 578, 1039; 4/268, 269, 1226
Ноотропы 3/577, 578
Нопиен 3/1027
Нопикол 3/578
Нопол 3/578
Нор... 3/578
Норадrenalин 3/578, 254, 579, 619, 620, 626; 1/48, 51, 325, 745, 1173; 2/222, 695, 696; 4/267, 269, 669, 694, 695, 742, 1225; 5/116, 1039
Норакрин 4/237
Норамбренноид II 2/1280
«Нораид»-процесс 3/1070
Норбелладин 1/224
Норборнадиен 3/579, 251, 331, 580, 875; 2/97; 5/333, 634, 736
Норборнан 3/580, 331, 579, 582; 1/606; 5/719
Норборнен 3/581, 104, 579, 580, 582; 1/200; 5/730, 734
Норборнит-2-карбонные кислоты 3/580
Норвалин 3/582; 1/249
Норвик 3/1232–1235
Норгарман 2/636
Нордель 5/993
Нордстрандит 1/211
Норил 4/59, 734
Нориты 4/561
Норкамфан 3/580
Норкамфора 3/574
Норлейцин 3/582; 1/50, 249
Норлупинин 5/523, 524
Нормабрейн 3/1039
Нормализация стали 2/259
Нормальность 2/915; 5/803
Нормально-фазовая хроматография 2/297
Нормальные гальванические элементы 3/582, 583; 1/223; 4/549; 5/918
Нормальные жидкости 2/299, 302
Нормальные молибдаты 3/240–242
Нормальные потенциалы 4/819–821
Нормальные углеводороды 3/345–347
Нормальный водород (дейтерий) 1/776; 2/23–25
Нормальный раствор 2/915
Нормана
 реактивы 1/150
 реакция 1/1205
Нормировка
 активности компонентов раствора 1/126, 127
 аолновых функций 2/719
19-Норпрогестерон 1/1047, 1048
Норретикулин 3/880
Норриша реакция 5/356, 364
Норсекуринин 1/147
Норселен 3/444
Норсореж 5/730
18-Норспиростан 4/578
Норсульфазол 4/901, 902, 1118
Нортестостероны 4/511; 5/971
Нортириксилан 3/579
Нортрон 1/1031
Норфлуразон 1/1032
С-27-Норхолестан 2/280
Норэпинефрин 3/578; 5/34
Норэтандролон 1/290, 291
Норэтиндрон 1/1047, 1048
Носители
 в радиохимии 3/583, 584; 5/761
 в твердофазном синтезе 4/1000–1002
 в хроматографии 2/519
 заряда в лазерах 2/1116, 1118, 1119
– в полупроводниках 4/103–108, 112, 329, 330
– и зонная теория 4/995, 996
– и люминесценция 2/1062, 1220
– и электретное состояние 4/1062
– равновесные 4/104
– рекомбинация 4/104
иммобилизованных ферментов 2/421, 422; 5/149, 150
иммунотомодулирующих средств 2/427
индикаторные, см. *Индикаторные трубки, Реактивные индикаторные бумаги*
катализаторов, см. *Нанесенные катализаторы*
хлесток микроорганизмов 2/463
Нотексин 5/1035
Но-шпа 4/1193
НТФ, см. *Нуклеозидтрифосфат*
Нуаримол 5/418
Нуатигенин 4/578, 580
Нуклеазы 3/584, 622; 1/551; 5/952
 для ДНК, см. *Дезоксирибонуклеазы*
 для РНК, см. *Рибонуклеазы*
Нуклеация
 зародышеобразование, см. *Зарождение новой фазы*
 металлического пара, см. *Кластеры*
Нуклеиновые кислоты 3/585, 584, 586–594; 2/232. См. также *Полинуклеотиды*
 белковое узнавание, см. *Нуклеопро-теиды*
 длина молекул, единицы 3/587
 и геномы вирусов 1/470
 и нуклеотиды 3/601
 как биополимеры 1/858; 2/1263; 3/269
 как N-гликозиды 1/1129. См. также *Нуклеозиды*
 как ПАВ 3/1167
 как полиамфолиты 4/77
 комплементарность 2/777; 3/211
 метаболизм 1/1097; 3/614, 622; 5/449
 молекулярные модели 3/228
 определение 1/559; 2/293, 519
 получение 2/962, 1325, 1326; 3/589–593, 813; 4/683; 5/66. См. также *Репликация*
 препараты 2/427
 рекомбинантные 3/594
 свойства 1/323, 324, 553, 1020, 1210; 2/5; 3/256; 5/38, 254, 306, 308, 545
 секвенирование 3/588, 589, 601
 состав 1/550, 745; 3/594, 595, 614, 1211; 2/367, 694, 1266; 4/20, 1119; 5/411
 – кислоты, см. *ДНК, РНК*
 – комплексы с белками, см. *Нуклео-протеиды*
 – основания, см. *Пиримидиновые основания, Пуриновые основания*
 терминаторы роста цепей 3/601
 флуоресцентные метки 1/42
 фосфолиэфирные связи 2/1170; 3/584–593. См. также *Нуклеазы*
Нуклеозиддезаминазы 3/598
Нуклеозидифосфатсахара 1/264, 1132; 2/988; 3/270; 4/1011; 5/38
Нуклеозидифосфаты 1/1098; 2/1170
Нуклеозидинофосфаты 1/1132; 2/1170; 3/600, 601; 5/270, 308
Нуклеозидные антибиотики 3/594, 595–597
Нуклеозидполифосфаты 3/601
Нуклеозидтрифосфаты 1/1097; 2/1169, 1170; 3/600, 601; 4/519, 1230, 1231, 1261
Нуклеозидфосфаты 3/156, 599–601. См. также *Нуклеотиды*

- Нуклеозидциклофосфаты 4/518; 5/270
- Нуклеозиды 3/597, 594, 595, 598–601; 1/1129; 2/6, 519; 4/217, 218, 517, 518; 5/450, 769. См. также индивидуальные представители
- антибиотики 3/594, 595–597; 1/264
- метаболизм 1/1097
- миnorные, см. *Минорные нуклеозиды*
- модифицирование 3/595, 596
- некомплементарные фрагменты 4/493
- фосфаты, см. *Аденозиндифосфат*, *Аденозинмонофосфат*, *Аденозинтрифосфат*, *Нуклеотиды*
- Нуклеониды 3/587
- Нуклеокапсиды 3/599
- Нуклеопептиды 3/930
- Нуклеопрогены 3/599, 587, 600; 1/470, 1172; 2/819; 4/427, 520, 521; 5/619, 620, 636
- Нуклеосомы 1/1124, 1125; 5/620
- Нуклеотидазы 5/1034, 1037, 1038, 1041
- Нуклеотидилтрансферазы 4/527, 528, 1242
- Нуклеотидилциклазы 2/1169
- Нуклеотидкоферменты, см. *Коферменты*
- Нуклеотид-мурамилпентапептид 3/928
- Нуклеотид-пирофосфатаза 5/1035
- Нуклеотидсахара 4/35
- Нуклеотидфосфаты 2/1171
- Нуклеотиды 3/600, 487, 578, 599, 601, 787, 812, 813, 1051, 1052; 1/484, 552, 1129, 1154; 2/20, 519, 630, 1117, 1323–1325; 4/275, 901, 1119, 1243; 5/254, 296, 308, 769
- аденозиновые, см. *Аденозиновые кислоты*, индивидуальные представители
- в обмене веществ 3/619, 620, 622, 624, 626
- гуанозиновые, см. индивидуальные представители
- дезоксирибонуклеотиды 1/1153; 2/970; 3/600, 601, 622; 4/495–497, 519
- коферменты 3/595. См. также *Никотинамидаденилиндинауклеотидфосфат*
- митрирующих генетических элементов 3/149–152
- мутации 3/293–301
- олигомерные 3/743
- основания, см. *Пиримидиновые основания*, *Пуриновые основания*
- последовательность в соединениях 1/472, 480, 482; 3/211, 212. См. также *Генетический код*, *Нуклеиновые кислоты*
- «Нуклеофильная сила» 3/602
- Нуклеофильность 3/601–604
- Нуклеофильные реакции 3/601, 315, 506, 512, 602–604, 787; 1/202, 203, 243, 299, 360, 518, 526, 597, 941, 942, 946, 947, 966, 968, 994, 1060, 1095, 1218; 2/88, 94, 97, 98, 104, 106, 178, 180, 245, 275, 276, 315, 346, 371, 372, 374, 398, 621, 622, 626, 638, 645, 745, 746, 830, 831. См. также *Реакции химические*
- азосочетание 1/90; 2/73
- алкилирование 2/360, 745
- аминирование 3/384; 5/226
- аммонолиз 1/285
- араминирование 1/366
- арилирование 1/366; 2/313
- ацилглицозилирование 2/732
- ацилирование 2/313, 745
- Бальца-Шимана 2/534
- бимолекулярные 2/128, 313, 906, 931, 932, 940, 941, 983; 3/602; 4/422, 859; 5/195
- в ароматическом ряду 3/603, 604; 4/416, 1017, 1018
- в растворах 4/407, 411
- внутримолекулярные 2/628; 3/555; 5/274, 275
- галогенирование 2/642, 745
- Гаттермана 2/534
- гидратация 1/1077
- гидрирование 1/1083
- гидрогалогенирование 1/1084
- гидролиз 1/1077; 3/186
- глицозилирование 1/1128
- граничные орбитали 1/1185, 1186
- деалкилирование 2/410
- дезаминирование 2/16, 17
- лейтерирование 2/25, 26
- димеризация 2/313
- динамическая стереохимия 2/35, 128–130, 313
- енолизация 2/745
- заместительные, см. *Замещения реакции*
- Зандейера 2/534
- и амбидентность 2/248
- и вальденовское обращение 4/859
- и неравновесная сольватация 4/411
- и радикальные реакции 4/311
- и электрофильные реакции 5/904
- изомеризация 5/274, 275, 775
- ипсо-превращения 2/534
- карбанионные 2/621
- каталитические 2/640, 732, 745, 919; 3/24
- кватернизация 2/411
- комплексобразование 2/411
- конденсация 1/869; 2/642
- металлирование 4/621, 1026, 1117
- метилирование 1/39; 3/384
- Михаэля 2/746
- мономолекулярные 2/128, 314; 3/602, 603; 4/416, 802
- мутационные 3/295
- нитрование 3/530
- окислительно-восстановительные 2/645, 944
- перееквалирование 3/936
- переаминирование 3/937
- перегруппировки камфеновые 2/598–600
- молекулярные 3/938, 939
- сигматронные 2/628
- Смайлса 2/534; 4/728
- присоединительные, см. *Присоединения реакции*
- протонирование 2/411; 4/244
- реагенты и субстраты 4/414
- рециклизация 2/964
- с образованием канцерогенов 2/604
- с обращением конфигурации 3/268
- с односторонним переносом 2/313
- скорость, корреляция 2/940, 941
- сольмеркурирование 4/553
- теле-превращения 4/1017, 1018
- ферментативные 1/1098
- формилирование 5/225
- фосфонат-фосфатная перегруппировка 5/274, 275
- фосфорилирование 5/295
- фрагментация 5/365
- Фрича-Бутенберга-Вихелля 5/373
- Чичибабина 5/777, 778; 4/1117
- Шорыгина 5/785, 788
- электрохимические 5/903
- элиминирование 2/598; 3/938, 939
- эпимеризация 3/268
- Нуклеофилы 3/601–604
- Нуклеофуги 3/601–604
- Нуклеофугность 3/602–604
- Нуклеоиды 3/595
- Нуклиды 3/604, 605, 606; 1/403; 5/935
- анализ, см. *Активационный анализ*
- делящиеся, см. *Ядерное горючее*
- меченые, см. *Изотопные индикаторы*, *Метки*
- одного элемента, см. *Изотопы*
- островки стабильности 3/962
- радиоактивные, см. *Радионуклиды*
- Нуклоны 3/401; 4/244; 5/930, 1017, 1018, 1031, 1033
- Нулевое начало термодинамики 4/1028
- Нулевой полуступи метод 3/1161
- Нулевые точки металлов 4/154
- Нулевой заряд, потенциалы 4/153, 154; 2/2, 3, 408, 429; 5/106, 839, 922
- Нульмерные дефекты в кристаллах 2/50, 51, 53
- Нульметиновые красители 3/129, 130
- Нуссельта уравнение 3/1141
- числа 2/543; 3/1183; 4/1047, 1049, 1050
- Нутч-фильтры 5/191
- Нуфарин 5/525
- Нуфарин 5/524
- Нуфелин 4/652, 653
- Ньюмена формулы 3/606, 266, 267, 571, 572; 4/848
- Ньюмена-Кюрта реакция 3/606, 607; 4/1131, 1143, 1160
- Ньютона
- вязкость 1/729, 872
- жидкости 3/946–948; 4/485, 487, 1207; 5/41. См. также *Суспензии*
- законы 2/574; 3/947, 948; 5/30
- течение 3/947, 948; 4/487
- уравнения 4/829, 832
- черные пленки 5/776
- число 3/1183
- Ньютона-Стокса закон 4/484, 485
- О**
- Обволакивание металла, см. *Нанесенные катализаторы*
- Обезболивающие средства 1/296, 297; 2/606, 617; 3/1029; 4/715, 812, 813
- Обезвоживание и обессоливание 1/772; 2/12, 515
- минерального сырья 3/629, 636, 637; 5/183
- нефти 3/608, 41, 42, 441–443, 461, 609, 610, 717, 718
- суспензий 2/491
- Обезжелезивание воды 1/772, 773
- Обезжиривание 2/1130, 1184; 3/718; 4/204, 359, 360, 1106; 5/12, 13
- Обеззараживание (обезвреживание) воды 1/770; 3/658
- отходов 3/1000, 1007
- Обезоливание 2/1295
- Обезмасливание 3/128
- Обеины 1/311
- Обертонные квантовые переходы 2/853
- Обескислороживание воды 1/773
- Обескремнивание воды 1/773
- Обессеривание воды 1/773
- Обессиливающие отравляющие вещества 3/846
- Обессоливание нефтепродуктов 2/168
- Обесфторенные фосфаты 2/937; 3/1056; 5/305, 306
- Обесцинкование 2/1332, 1333; 3/273
- Обжиг 1/190, 1050, 1125; 2/735; 3/6, 244, 305, 629, 630, 634, 650, 1000–1003, 1053, 1068, 1069; 4/263, 264, 321, 414, 466, 592, 593, 639, 974, 1020, 1216; 5/44, 508, 610, 718, 749, 944
- Обжидан 1/298
- Облепиховое масло 4/377–381, 383
- Обмен
- изотопный, см. *Дейтеробмен*, *Изотопный обмен*
- ионный, см. *Ионный обмен*
- как метаболизм, см. *Метаболизм*
- Обмен веществ
- ток 4/1193, 993; 5/841, 847, 911, 919, 923, 925
- Обмен веществ 3/610, 611–627; 1/558. См. также *Метаболизм*
- азотистый 3/279, 611, 619, 620, 622, 623, 936, 937. См. также *Орнитинный цикл*
- анаболизм, см. *Ассимиляция*, *Биосинтез*
- анаэробный 1/608–611, 1135, 1136; 3/611, 614, 615
- аэробный 1/608, 611; 3/611, 625
- в биосфере 1/559
- внешний и внутренний 3/611
- водно-солевой 3/611, 623, 624, 626
- газовых 3/611
- динамика и генная инженерия 2/627
- диссимиляция 3/611, 937. См. также *Дыхание*, *Окислительные фосфорилирование*
- и биотехнология 3/627
- и биохимия 3/210
- и канцерогены 2/606
- и колебательные реакции 3/626
- и переаминирование 3/936, 937
- и пищевые добавки 3/1089
- кислотный, см. *Гликоксилатный цикл*, *Трикарбоновых кислот цикл*
- липидный, см. *Липиды*
- минеральный 3/611, 623, 624
- нарушения 3/212, 627
- общий 3/611
- органический 3/611–623
- пластический 3/611–623
- промежуточный 3/611
- пуриновый 2/1084
- регуляция 3/625, 626. См. также *Биомембраны*, *Изоферменты*
- роль гормонов 1/1172–1173
- кетонов 2/747
- пангамовой кислоты 3/877
- структурный 3/611–623
- тиол-дисульфидный 1/1153
- углеводный, см. *Углеводы*
- фосфоинозитидный 2/695, 696
- энергетический 3/611, 624, 625. См. также *Биоэнергетика*
- Обменная емкость ионитов 1/771, 772; 2/504, 519, 701
- Обменное взаимодействие 3/627, 17, 18, 390, 628, 629, 936; 1/405; 2/300, 1022
- и магнитные моменты 2/1245
- интегралы 1/665–667; 3/222, 223
- операторы 3/233, 234
- Обменные реакции 1/601, 1093, 1203; 2/276, 304, 313, 314, 416, 567–570, 651, 831, 873, 1204; 3/81, 83, 84, 121, 354, 355, 357, 475, 476, 514, 518, 520, 708, 737; 3/800, 804, 805; 4/597, 746, 928, 976, 986, 1107, 1148, 1165; 5/892, 904, 905
- алкоголиз 1/165, 151, 152, 1128; 2/115, 121, 304, 305, 415, 416, 1143; 3/11, 506, 1256; 4/753, 1163, 1256
- амидолиз 3/1256
- аминолиз 1/254, 230, 231, 271; 2/115, 415, 1021; 3/804, 931–933, 1256; 4/899, 1152
- аммиака, см. *Аммонолиз*
- ацидолиз 1/442; 2/304, 305; 3/933, 1256; 4/1163; 5/1010
- в зловых полях 5/60
- Виттига 2/746
- внутримолекулярные 2/932
- воды, см. *Гидролиз*
- деборирование 1/597

- диспропорционирование 5/309
дейтерирование 2/651
дисмутация, см. *Диспропорционирование*, *Метатезис*
изотопов, см. *Дейтеробмен*, *Изотопный обмен*
замещение 5/904, 905
и усиление фотозображения 5/454
и число компонентов 5/98
изонантов 2/407
ионов, см. *Ионный обмен*
межмолекулярные 2/1022; 5/309
межцепные 3/1256
окислительно-восстановительные 5/142
осаждение 4/670
пераллирование 3/936
переаминирование 3/936, 937, 938
переметаллирование 3/72
перинитрирование 3/945, 946
перераспределение лигандов 2/932
поверхность потенциальной энергии 3/1175–1177
с псевдообращением 2/932
спектры ЯМР 5/1028, 1029
сольволиз 4/753
трансметаллирование 3/72
тугивельные 2/918
фосфоризация 5/257
фотосинтез 5/142
Фрича–Буттенберга–Вихеля 5/373
фторирование 5/391
химические эквиваленты 5/802
этерификация, см. *Этерификация*
эфирирование 3/1256
- Обогащение полезных ископаемых** 3/629, 93, 144, 630–638, 1001, 1193, 1194; 2/596; 4/545, 561, 639, 931; 5/77
изотопное 2/389–391
и охрана природы 3/848
классификационное, см. *Гидравлическая классификация*, *Грохочение*, *Сепарация воздушная*
пенное, см. *Сепарация пенная*, *Флотация*
флокуляционное 2/817
Обои 5/25, 62, 67, 382
Оболочковые пигменты 2/1079; 3/1013
Оборотные системы
водоснабжения 1/1183; 2/436, 515, 543; 3/636, 856, 857, 862, 863
расположения 1/852
Обороты реакции, число 1/126, 1050
Обработка
металлов, см. *Гальванотехника*, *Металлы*, *Химико-термическая обработка*, *Электрохимическая обработка*
результатов эксперимента 3/638, 639–644; 2/749. См. также *Металлология химического анализа*
Образцовые веса 1/686
Обратимые и необратимые процессы 3/664, 119, 132, 187, 529, 530, 665, 1037, 1083; 1/839, 840, 1122; 2/13, 137, 276, 331, 533, 591, 691, 753, 1006, 1080, 1107, 1140, 1206, 1209; 4/414, 415, 721, 1065–1070, 1073, 1126, 1127; 5/595–605, 638, 955
Базарова 3/281
в дирахометрии 2/205
в иерархических системах 4/1062–1064
вводения 2/477
гидратация 4/270
гидролиз 1/1098, 1099; 3/980
дегидратирование 2/10
дегидратация 3/761
декарбосилирование 2/29
депротонирование 2/381
диссоциация 2/158
закон действующих масс 2/23
- изменения окраски 2/446, 449, 450, 455
изомеризация 2/965, 966; 3/579
ингибирование ферментов 5/148
интеркаляция 2/477
испо-замещение 2/534
кинетика 3/77, 78; 4/723, 1031, 1032, 1070
кислотно-основные 2/281, 779–781
максимальная работа 2/1268
мицеллообразование 3/183
обменные, см. *Ионный обмен*
окислительно-восстановительные 2/633; 3/697, 768
Оппенгауэра 3/10
переаминирование 3/936, 937
переноса, см. *Диффузия*, *Переноса процессы*
перенитрирование 3/945
пирилиз 3/1062
поверхностная энергия 3/1161
поликонденсация 3/1255–1259, 1261; 4/32, 41, 95
потенциалы 3/667
релаксационные, см. *Релаксация симметрия* 4/1067, 1068
сольватация 4/748
стационарные состояния 4/1068
тугивельные, см. *Сушка*
твердофазные 4/411
термодинамика, см. *Термодинамика необратимых процессов*
тиссотропия 4/1124
ферментативные 2/407, 433, 434, 1003
фотохимические 4/77. См. также *Фотосинтез*
фотохромизм 5/358, 359, 360
Фриделя–Краффта 3/936
химические транспортные 5/496, 497
эвтектическая кристаллизация 2/58, 59
эксергия 5/804, 805, 808
ядерные 2/25
- Обратного ядерного рассеяния спектроскопия** 2/507, 508
Обратные процессы (методы)
и потенциалы течения (оседания) 5/847–850
– химические 5/499
изотопное разделение 2/382
осмос 1/772; 2/196, 859, 1300; 3/39–41, 45, 196, 827, 828, 859, 861
перемешивание 3/39
ретроциклоприсоединение 5/738
реэкстракция 5/824
связь, см. *Кибернетика*
титрование 1/362; 2/205, 870, 1090; 3/713, 795, 969; 4/1189; 5/196, 610
Торпа 4/1222
транскрипция 3/211, 1231, 1240, 1242
фотоперенос электрона 5/339
Фриса 5/372
цикловерсия 5/738
циклолиминирование 5/738
эффект индуктивный 2/461
– кинетический изотопный 2/758, 759
- Обратные эмульсии** 3/168; 5/948, 949, 951
Обращение
конфигурации вальденовское 2/128, 313, 906; 3/133, 186, 187, 268, 350, 602, 1024; 4/858, 859, 867; 5/96, 195
– по Мицунобу 3/186, 187
мицелл 3/184–186
потоков при разделении изотопов 2/390–392
правил отбора для перидических реакций 3/964
- фаз 2/297; 4/987; 5/949
фотозображения 5/324–326, 452, 456, 457
цикла трикарбоновых кислот 3/621
Обреимова метод 3/1161
Обреимова–Шубникова метод 3/256
Обрыв цепи 2/755; 3/1266; 4/305, 308, 311; 5/682–685
Обупливание 2/640
Общая жесткость воды 1/769; 2/282, 283
Общая химия 3/645
Общевойсковой защитный комплект 2/324, 325
Общедоступные отравляющие вещества 3/843–846
Общий кислотно-основной катализ 1/1159
Объем
вещств 1/1215
– в критическом состоянии 2/1074, 1075, 1077
– и внутренняя энергия 4/1071
– и давление, см. *Сжимаемость*
– и плотность 4/138
– и упругость 4/663, 664
– молярный 1/1215, 1216; 3/885–887
– при плавлении 3/1093
дыхания минутный 2/242
жидкости «исключенный» 2/1182
– свободный 2/301
материалов, дилатансия 2/111, 112
металлов 3/98
насадок 3/337
системы, эффекты реакций 1/1216–1218; 5/498
химического эквивалента газа 5/803
Объемные дефекты в кристаллах 2/50, 53
Объемные методы (процессы)
анализ 3/645, 8; 4/1174; 5/114, 388, 489, 490
– волюмометрия 1/54, 915; 2/768; 3/245, 542, 645, 1147, 1148
– газовый 1/915; 3/645
– колориметрический 2/861; 3/645
– меркуриметрия 4/549
– титриметрический, см. *Титриметрия*, *Титрование*, отдельные представители
кипение 2/761, 762
легирирование 2/1154
определения адсорбции 1/54
пожаротушение 3/648, 649
Объемные молекулярные модели 3/227–229
Объемные устройства
дозаторы 2/217, 218, 1083
компрессоры 2/882–885
насосы 3/342, 343
питатели 3/1083
пожаротушения 3/1191
расходомеры 4/383, 386, 387
смесители 4/735, 737
Объемные эффекты реакций 1/1199; 1216–1218; 5/498
Объемных отношений закон, см. Гей-Люссака законы
Овальбуин 1/1218; 5/121
Овербергера–Ломбардино реакция 5/940
Оверхаузера эффект 1/481; 5/1026
Овицды 2/468; 5/587
Огарки 2/265, 266; 3/4, 244, 863; 5/470
«Огневая труба», прибор 1/1177
Огневое обезвреживание стоков 3/862
Огневые тассирующие составы 4/1246
Огнезащита 3/646, 368, 647, 1187; 2/1129; 4/29
Огнепреградители 1/704; 3/1189
Огнепроводные шнуры 3/1076
- Огнестойкость**
материалов 3/353, 1116, 1117; 4/442–444; 5/22, 572
повышение, см. *Огнезащита*
строительных конструкций 3/646, 647, 1187, 1190
Огнетушащие вещества и составы 3/648, 356, 649, 1191; 1/705; 2/432, 433, 568; 4/579; 5/550, 777
Огнетушители 3/648, 1187
Огнеупорные материалы 3/649, 92, 94, 243, 418, 510, 647, 650, 651, 699, 895, 1003, 1009; 1/206, 871; 2/339, 733, 734, 903, 1029, 1248; 4/575, 685, 960, 978, 1041, 1042, 1220; 5/615, 760, 761, 766
Огнеупоры, см. Огнеупорные материалы
Огранка кристаллов 3/1172, 1173
Одиокмонентные системы, диаграммы состояния 2/57
Однородно меченые соединения 3/148
Односторонние удобрения 3/172, 173; 5/54
Одноупаковочные клеи 4/443, 444
Одноцепные молекулярные интегралы 3/223
Одноэлектронный перенос 3/651, 72, 78, 222, 545, 652, 653, 665, 666; 1/1060, 1159, 1162; 2/313, 387, 388, 465, 466, 525, 526, 645, 663, 831, 919, 968, 1204; 4/314, 422, 423, 623, 624; 5/20, 124, 853, 883
Одоранты 3/653, 375; 1/657; 2/19, 118, 237; 4/915, 1139. См. также *Отдушки*
Одоризация 3/653
Ожиг 5/766
Оже-спектроскопия 3/654, 209, 230, 655; 2/905, 1104, 1212, 1213; 5/104, 105, 878, 941
Оже-электроны 2/529, 1213; 3/32; 4/316; 5/871, 872, 878
Ожиженный слой 4/258
ОЖК-демульгаторы 3/717
Ожог 2/324
Озаны 3/655, 656, 686, 687; 5/123, 196, 197
Озерная известь 2/348
Озокерит 1/339, 564, 825–827; 2/601; 3/345, 347, 446, 447; 5/693
Озон 3/656, 575, 576, 657, 658; 2/765
Атмосферы 1/400. См. также *Озоновый слой*
определение 1/112, 889, 890, 893, 915, 916; 2/183, 442; 4/399, 786; 5/124, 126, 916
получение 1/1158; 3/657, 1101; 5/358
свойства 1/452, 541, 767, 903, 1164; 2/767; 3/372, 439, 541, 552, 575, 656–658, 662, 667; 4/152, 548, 822, 868, 915, 924; 5/437, 548, 684, 793, 936. См. также *Озонирование*, *Озонолиз*, *Озоностойкость*
соединения 2/769. См. также *Озониды*
Озониды
неорганические 3/658, 575, 576, 657, 659, 698, 739, 971, 973; 2/139, 767
органические, см. *Озонирование*
Озонирование 3/659, 39, 653, 657, 658, 660, 661, 739, 860, 975, 978, 1244, 1251; 1/769, 771; 2/40. См. также *Озонолиз*
Озоновый слой 3/648, 657; 4/196; 5/548, 550, 777
Озонолиз 1/903; 2/82, 285; 3/660, 661, 678, 897
Озоностойкость 3/661; 1/333, 634, 645; 2/40, 704, 706, 708; 4/204
Озотриазол 4/1251–1253
Оназин 3/1043, 1044
Ойтисиковое масло 4/377, 378

«Ока», флокулянт 5/204
 Окадавая кислота 5/1048
 Оказки фрагменты 4/497
 Окалина 1/907, 908; 2/436, 953, 1180; 3/5, 76, 888, 1086
 Окашши 1/1187, 1188; 2/258; 3/93
 Окис(ь), см. также *Оксиды*
 мезитила 2/744; 3/114, 572, 1032; 5/133
 перфторолефинов 3/983, 984; 1/995; 4/68
 α-формы 3/730–732; 5/607
 тиопроизводные 5/261–263. См. также *Олефины*, *тиооксиды*
 фосфинов 5/261–263
 Окисление 5/508
 в звуковых полях 5/60
 глубокое 2/667–669, 671, 672
 и восстановление, см. *Восстановители*, *Восстановление*
 и гидролиз 5/585
 и зольность 2/340
 и метаболизм, см. *Обмен веществ*
 и хемилюминесценция 5/445, 446
 и энергообеспечение организмов, см. *Дыхание*
 ингибиторы 2/432, 434; 3/363; 4/304
 катализаторы 2/671, 615, 663, 665, 672, 797, 938, 1272, 1273; 1/484–486, 903, 1051, 1053, 1056–1058, 1161; 3/2, 77–79, 116, 325, 672, 673, 732, 767, 768, 876, 1129; 4/193, 574, 803, 943; 5/378, 379
 катастрофическое 1/908
 микроорганизмами 3/1169, 1170
 парциальное 2/667, 671, 672; 4/948
 периодатное 3/269, 749, 791, 796; 4/37, 642
 персульфатное 5/942
 по Байеру–Виллигеру 5/1012
 по Бону–Шмидту 1/573
 по Вудворду 1/841
 по Корнблюму 2/938
 по Нефу 3/439
 по Оппенгауэру 3/767, 768; 4/803
 по Попову 4/128
 по Пфизнеру–Модфатту 4/277
 по Смиду 4/737
 по Эльбсу 5/942
 по Этару 5/976
 реагенты, см. *Кислород*, *Окислители*, *Окислительно-восстановительные реакции*
 самоорганизованное 1/18, 31, 599; 4/574
 соединений (веществ, материалов) 1/1073, 1092, 1093, 1205; 2/210, 373, 419, 646, 647; 3/81, 550, 557, 558, 668; 4/801, 1165. См. также *Окислительные процессы*
 – бензинов 3/447
 – битумов 3/442
 – гидролизатов 1/1101
 – древесного угля 2/231, 232
 – лигандов 2/933
 – мезоионных 3/28
 – металлов и сплавов 3/76, 98, 99; 1/908. См. также *Коррозия металлов*
 – пластичных смазок 3/1123
 – смоляных кислот 4/740, 741
 – таллового масла 4/726
 – углеводов 3/469
 – углеводородов 1/866; 3/346, 449, 450
 сплавов, см. *Оксидирование*
 степень 4/848, 415, 471; 1/664, 665; 3/413
 стерические требования 2/913
 теория перекисная 1/558; 2/756
 – сопряженных реакций 4/768
 хелатное 5/442

Окислители 3/661, 94, 119, 319, 323, 355, 388, 478, 527, 528, 662–667, 707, 860, 1046, 1075, 1076; 1/1070, 1093, 1122, 1135, 1136, 1154; 2/13, 119, 120, 455, 460, 495, 525, 526, 561, 711, 755, 757, 767, 768, 784, 850, 851, 933, 953–955, 1089, 1090, 1277, 1278, 1331; 4/339, 600, 616, 1102; 5/387, 391, 437, 453, 557, 559, 564, 568. См. также *Окисление*, *Окислительно-восстановительные реакции*, *Окислительные процессы*
 вода 1/767, 833
 дегазирующие 2/9
 диоксигенильные 2/137
 оксидные, см. *Оксиды*
 определение 2/498, 499; 3/969
 селективные 4/597; 5/8
 средоточ на электроны 4/814
 энергонасыщенные 3/414
 Окислительно-восстановительные методы
 анализ термический 4/1057
 – функциональный 3/795
 биферные растворы 1/652, 653
 потенциалы 3/667, 669, 767; 1/652, 653, 972; 2/334, 335, 450; 4/155, 820
 титрование 1/669, 670; 2/450, 1083, 1218, 1224, 1230; 4/155, 467, 1188, 1189. См. также *Титриметрия*
 Окислительно-восстановительные реакции 3/663, 10, 661, 662, 664, 665; 1/943, 1050, 1129; 2/154, 710, 711, 794, 933, 934, 1253; 4/415, 669, 670, 1021; 5/105, 220, 489, 535, 703, 735. См. также *Восстановление*, *Окисление*, *Окислительные процессы*
 быстрые 4/881
 в звуковых полях 5/59, 60, 62
 в растворах электролитов 3/667
 в элементах гальванических 1/972, 973; 5/487–489
 – топливных 4/1210, 1211
 внутримолекулярные 1/1025; 2/537, 604; 3/664
 Гербе 1/1025
 гетерогенные 1/1051, 1054
 гомогенные 1/1159
 деметаллизация 2/1327
 дисмутация, см. *Диспропорционирование*
 допирование 3/1215, 1216
 дыхательные, см. *Дыхание*
 замещение 2/314, 651
 и брожение 1/608–611
 и горение 1/1164–1171; 4/1057
 и методы, см. *Окислительно-восстановительные методы*
 и оптическая сенсibilизация 4/625, 626
 и очночка газов 1/901, 903, 904
 и пассивация металлов 3/888
 и радикальные пары 4/309
 и соединения, см. *Окислительно-восстановительные соединения*
 и хемилюминесценция 2/1219; 5/444, 446
 изомеризация 2/364
 интенсификация 2/491
 ионный обмен 2/514
 каталитические, см. *Катализаторы окисления*, *Окислительно-восстановительный катализ*
 колебательные 2/851
 межмолекулярные 1/1025; 2/537; 3/664
 нестехиометрические 3/434
 нуклеофильные 2/645, 944
 обжиг 3/1000
 обменные 5/142
 оксидирование 3/695, 696
 присоединение 3/10

реагенты 2/915; 4/397. См. также *Восстановители*, *Окислители*
 туннельный эффект 2/755
 ферментативные 1/560; 2/241, 364, 1140; 3/469, 697
 электролитные 2/1097–1100; 5/363, 384. См. также *Электролитные процессы*, *Электролиз*, *Электрохимические процессы*
 электрофильные 2/945
 Окислительно-восстановительные соединения (материалы)
 волокна 5/447
 индикаторы 2/437, 442, 443, 446, 450, 455, 460; 3/113; 5/118, 531
 инициаторы 2/465; 4/305
 ионообменные смолы 3/662, 663; 2/520
 электроды 5/841
 Окислительно-восстановительный катализ 3/665, 77–79, 664, 666–668; 2/364, 663, 664
 Окислительное число, см. *Степень окисления*
 Окислительные процессы 5/8
 азосочетание 1/91
 аминирование 2/415, 417; 3/672, 673; 5/778
 аммонолиз 3/672, 116, 241, 449, 516, 673, 708; 2/665, 667, 672, 858, 1091–1093; 4/263; 5/381
 в планарной технологии 3/1103–1105
 в цветной фотографии 2/455
 внедрение 1/758
 внутриклеточные 2/475
 выщелачивание 3/475
 газофазные 2/850, 851
 галогенирование 1/955
 гетерогенные 3/672, 673
 гидрохлорирование 5/133
 гомогенные 1/1158; 2/757
 горение 1/1164–1171
 дегидрирование 2/13, 642, 665, 672, 747; 3/390; 4/869; 5/222, 223, 535, 735
 дегидроизомеризация 3/101
 дегидрополиконденсация 2/15; 4/59, 61
 дегидратация 2/794
 дезаминирование 1/1123; 2/17, 696; 3/253, 254, 810–812; 4/654, 900
 декарбоксилирование 2/29, 1193; 3/347; 4/523, 1119; 5/133
 декарбонилирование 2/924
 деметилирование 3/293
 деструкция полимеров 2/39, 40, 1013, 1256
 димеризация 2/106, 400; 3/1250
 жидкофазные 3/860, 862; 5/56, 445, 722, 982
 изотопный обмен 2/388
 иминирование 5/7, 241, 279
 карбоксилирование 1/956
 карбонилирование 2/640
 каталитические, см. *Катализаторы окисления*, *Окислительно-восстановительный катализ*
 колебательные 2/850, 851
 конденсация 2/441, 889
 контролируемые 4/1152; 5/610
 крашение 2/998, 999
 металлизирование 3/72
 минерализация 3/168, 169
 низкотемпературные 3/346
 нитрование 2/900; 4/1267, 1268
 нитрозирование 3/535
 обжиг 3/244, 305, 1000, 1053, 1068, 1069; 4/615, 639; 5/610
 отверждение 3/839
 парофазные 2/1272–1274; 3/323, 860; 5/378, 379
 пиролиз 3/1056

пиролиз 2/1005; 3/449, 450, 1065; 4/697
 полимеризация 2/286; 3/445
 присоединение 1/758; 2/276, 537, 626, 934; 3/10, 72, 77, 79, 476, 477, 1130
 радиационные 3/860; 4/293
 радикальные 1/31; 2/91, 313, 464, 465, 651; 3/79, 101, 146, 666; 4/165, 310, 313, 314, 768; 5/548, 942
 расщепление 2/107, 745, 747
 с переносом электрона, см. *Одноэлектронный перенос*, *Фотоперенос*
 селективные 2/1270, 1271
 симметризация 4/976
 сочетание 2/15
 «сухие» и «мокрые» 3/168, 169
 ферментативные 1/558; 2/364, 797, 1188; 3/293, 624, 625; 5/445
 фосфорилирование 3/668, 469, 470, 559, 612, 624, 625, 697; 1/43, 558, 1026; 2/240, 241, 655, 1004; 4/524, 894, 1259; 5/34, 159, 312, 770. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*
 – и брожение 2/608–611; 3/668
 – и гликолиз 2/1135, 1136; 3/668
 – и дыхание 2/240, 241; 3/668–671
 фотохимические, см. *Фотоокисление*, *Фотосинтез*
 фторирование 5/391
 хлорирование 3/449; 4/265, 393, 908, 938, 1206; 5/13, 502, 580
 хлорфосфорирование 3/671, 672
 хлорфосфонирование 3/671, 672; 5/295
 цепные 2/313, 433, 755; 3/79, 146, 666; 4/165; 5/548, 682–688, 690, 692
 цианирование 5/704
 циклизация 2/381, 455; 4/801, 803
 электрохимические, см. *Электроокисление*
 Оклозия 1/4; 4/760, 770
 Околопредельные газовые смеси 1/831
 Окружающая среда 3/1194
 защита водного бассейна 3/851, 855, 856
 – воздуха, см. *Воздух*, *загрязнение и защита*
 – и химия 3/865
 – от теплового загрязнения 3/850, 864, 865
 и антропогенез 3/848–852
 и коррозия, см. *Коррозия металлов*
 и радиэкология 4/332, 336–338
 и техногенные радионуклиды 4/318, 319, 331, 332
 мониторинг 4/337, 338
 радиоактивность 4/318–322, 331, 332, 337
 1-Окса-4-аза-2-борадик.топент-4-ены 1/598
 2-Оксабидикло[3.2.0]гепта-3,6-диен 3/684
 12-Оксагексадеканол 3/291, 292
 1,2,5-Оксадиазол-N-оксид 5/431
 1,3,4-Оксадиазолыны 5/239
 Оксадиазолы 3/673, 674, 675; 4/74; 5/432
 Оксадиазон 1/1031
 Оксадиксил 5/420
 Оксазепам 1/504; 4/269, 1224, 1225
 1,2-Оксазетидиноны 2/741
 Оксазетидины 3/540; 4/1104; 5/9
 Оксиановые красители 3/675, 536, 676, 677, 697, 1017; 2/438, 460, 700, 980, 1125; 4/1116; 5/132, 530, 531
 Оксианы 3/694
 Оксиазиридины 3/677, 548, 549, 678, 734; 1/1094; 2/909; 5/783
 Оксазолидинныи 1/1031; 5/239

- 1,3-Оксазолидин-4-карбоновая кислота 4/642
- 1,3-Оксазолидин-2-тион 4/652, 653
- Оксазолидины 3/679, 680–682; 1/268; 2/114; 5/975
- Оксазолониды 1/255; 4/200
- Оксазолиния соли 3/682
- Оксазолины 3/681, 276, 682, 683; 1/77, 254, 255, 1128, 1129; 2/114, 419, 645; 5/692, 988
- Оксазол-4-карбоновая кислота 3/679
- 5-Оксазолониды 3/679
- Оксазолы 3/678, 679; 1/85, 236, 432, 720, 742; 2/11, 22, 76, 360, 1125, 1228; 4/74; 5/759
- Оксазонитрон 1/350, 351
- Оксалат, метаболизм 3/613, 617, 618
- Оксалаты 1/1072, 1122; 2/545, 547, 710, 711, 1271, 1272; 3/164, 974; 4/543; 5/795, 967, 1011
- Оксалилмочевина 5/84
- Оксалилуксусная кислота 5/1015
- Оксалилхлорид 1/494, 943; 2/88, 105, 135, 633; 3/347, 378, 580; 5/795
- Оксалоацетат 1/556; 3/613, 617–620, 683, 812, 1083; 4/1259, 1261, 1262; 5/270, 1015
- Оксалоацетатдекарбоксилаза 3/683, 684; 2/1168
- Оксалоацетат-карбоксилаза 3/683, 684
- Оксалоацетат-таутомераза 2/364
- Оксалодинитрил 5/699, 700
- Оксалон 1/805; 4/26, 1082–1084
- Оксалурамид 5/84
- Оксалуровая кислота 5/84
- Оксамат 4/494
- Оксамид 5/700, 795, 796
- Оксамил 3/405
- Оксидралии 1/1118
- Оксанилиды 4/589
- Оксанолы 1/161; 3/718
- Оксапенами 2/1134, 1136
- 12-Оксетрадеканолит 3/291, 292
- 1,4-Оксатан 5/991
- Оксатинны 5/418, 419, 422
- Оксатиол 2/175
- Оксафен 2/1019
- Оксафенамид 2/277
- Оксафосфетан 5/313
- Оксацефалоспорины 5/697
- Оксацанины 4/625
- Оксациклбутаны 1/198
- Оксациллин 2/361, 1134
- Оксепан 3/684
- Оксепин 3/684, 685
- Оксетан(ы) 3/685, 891; 1/198; 2/746; 4/208; 5/355, 738
- 2-Оксетанон 4/205
- Оксназокрасители 2/139
- Оксиалкиламиды жирных кислот 3/685, 686; 4/699
- Оксиалкилирование 5/987
- Оксиальдегиды и оксикетоны 3/686, 687–689; 1/444; 4/800. См. также *Гидроксиальдегиды и гидроксикетоны*
- Оксиантрахиноны 3/689, 686, 690, 691. См. также *Гидроксиантрахиноны*
- Оксиапатиты 1/358
- Оксибензальдегиды 3/691, 692. См. также *Гидроксибензальдегиды*
- Оксибензойные кислоты 3/692, 693. См. также *Гидроксибензойные кислоты, Салициловая кислота*
- Оксигалогениды 1/949–951, 1193; 3/493–496; 4/947, 948; 5/369, 393, 396. См. также *Оксогоалогениды*
- Оксигемоглобин 1/96, 1007, 1008; 3/971
- «Оксиген» («окс») 3/575. См. также *Кислород*
- Оксигеназы 1/740; 2/241; 3/697
- Оксигениация (оксигенирование) 1/1007; 4/149
- Оксигидрохиноновая кислота 3/692, 693
- Оксигруппа 1/1093, 1096
- Оксидазы 2/241, 475; 3/293, 697; 4/524; 5/150, 151, 1035
- Оксидационные красители 3/694, 695
- 4,4'-Оксидибензолсульфонилгидразид 1/1069
- Оксидирование 3/695, 696; 2/1130, 1192; 4/808; 5/451, 913
- Оксидифениламины 3/696, 697; 1/286, 334, 628
- Оксидоредуктазы 3/697, 253, 254, 271, 503, 504; 1/1143, 1149; 2/364, 968; 4/519, 523, 861, 894, 940, 1095, 1096, 1228, 1242; 5/158, 159, 770
- Оксиды 3/698, 699
- «вельд» 5/749
- как «земли» 4/434, 436, 437
- как катализаторы 2/662–673, 674–677, 699
- как минералы 3/165, 166, 698; 4/560
- как окислители 3/662
- как пассиваторы 3/888–890
- как фазы внедрения 3/75, 76
- кластерное состояние 2/796
- материалы, бронзы 1/618, 332, 671, 673, 813; 3/76, 241, 246, 273, 433, 434, 489
- волокна 3/329, 417
- нониты 2/504
- керамика 2/733, 734, 736, 737, 777, 903
- красящие, см. *Пигменты*
- огнесупоры 3/649, 650
- оптические 3/774–777; 4/835–840
- полупроводниковые 1/896; 3/241, 698; 4/599, 600, 627, 948, 1062
- радиопоглощающие 4/332
- сверхпроводниковые 3/414, 415; 4/584–587
- электродные 4/821; 5/841, 842, 844, 855, 901, 902
- неорганические 1/1051, 1055–1057, 1191, 1193, 1218; 2/767, 777, 784; 3/98, 99, 650, 818, 949, 1000, 1055, 1056, 1068, 1069. См. также соединения отдельных химических элементов
- азота, см. *Азот, оксиды*
- ангидриды, см. *Ангидриды неорганических кислот*
- водорода, см. *Вода*
- гидратированные 1/1076; 2/504, 709; 4/948
- двойные 2/662, 1278
- металлотермия 3/88–91
- напыление 2/250, 251; 3/334
- определение 5/497
- основные 2/783; 3/99
- получение 1/951, 1164; 2/768, 1153; 3/504, 505; 5/207, 208. См. также *Оксидирование*
- пористые 4/132
- порошковые 4/139
- расплавы 4/359
- свойства 4/515, 598, 1062, 1082; 5/8, 44, 438, 552, 553, 838, 938
- сложные 4/575
- тугоплавкие 2/250, 251
- углерода, см. *Углерода диоксид, Углерода оксид*
- шлаки 3/1068
- нестехиометрия 3/433–435
- органические 2/1251, 1252; 3/760–763; 4/302, 595, 867; 5/304, 305, 355. См. также *Окиси*
- молекулярные комплексы 1/1193
- полимерные 3/760
- цис-формы 4/169
- N-формы 1/98, 112, 325; 2/636, 1251, 1252; 3/547–550, 740, 1043, 1045, 1050, 1082, 1229; 4/99, 100, 287, 699; 5/262
- S-формы 4/634
- α-формы, см. *Олефины, оксиды*
- радиационная стойкость 4/290
- сцепления 5/943
- Оксикарбиды 3/649, 650
- Оксикарбокситы 5/418, 419
- Оксикарбонитриды 3/650
- Оксикетоны 1/444, 445; 4/800
- Оксикислоты 3/699, 700, 707; 1/940, 956; 2/643; 4/800; 5/1015. См. также *Гидроксикарбоновые кислоты*
- гидроксиафталинкарбоновые, см. *Оксиафтоиные кислоты*
- дигидроксиантарные, см. *Винные кислоты*
- Е 3/386
- Казеллы 3/386
- Коха 3/386
- метаболизм 3/623, 700
- пери-форма 3/386
- рицинолевая 4/527
- уроновые, см. *Уроновые кислоты*
- Фрейнда 3/386
- Оксигобаламин 1/742, 743
- Оксинксантоновые красители 5/128
- Оксидлин 3/701; 2/371; 4/1225; 5/537
- Оксиклифты 1/608; 4/731
- Оксильные радикалы 4/1123
- Оксимагнетит 2/254
- трис-(Оксиметил)аминметан 3/701
- Оксимиоглобин 3/175, 176
- Оксимкарбаматы 2/473
- Оксимирование 3/796
- Оксимы 3/701, 26, 128, 388, 438, 439, 535, 540, 549, 554, 557, 558, 571, 702, 703, 725, 796, 870, 1074; 1/172, 195, 196, 423, 464, 465, 469, 681, 708, 1092, 1094, 1116; 2/74, 251, 326, 600, 629, 742, 743, 1081, 1153, 1252; 4/208, 855, 1148; 5/8, 305, 427, 709, 785
- Оксии 3/713, 714
- Оксинафтаальдегиды 3/703, 687, 688, 704
- Оксинафтоиные кислоты 3/704, 388, 705. См. также *Гидроксиафтоиные кислоты*
- Оксинафтохиноны 3/705, 389, 686, 689, 706, 707; 2/138
- Оксиндол 2/457
- п-Оксинеозон 1/334
- Оксинитриды 3/649, 650
- Оксинитрилы 3/707, 516, 708; 4/800. См. также *Гидроксиинитрилы*
- Оксиперхлораты 3/990
- Оксипиридины 3/708, 709, 710; 1/261, 1160
- Оксипролин(ы) 3/711, 809. См. также *Гидроксипролины*
- Оксипропилцеллюлоза 3/711, 712
- 15-Оксипропагландиндегидрогеназа, НАД-зависимая 4/212
- Оксиран(ы) 1/656, 941, 966, 1116, 1147, 1221, 1222; 2/120, 410, 637; 3/316, 730–732, 734, 887, 1024; 4/169, 914, 918, 924, 1108, 1138; 5/259, 442, 705, 990, 991, 1008. См. также *Этиленоксид*
- Оксирен 1/811
- Оксисоли 1/536, 537. См. также *Соли*
- Оксисульфиды 2/547, 548; 4/909
- Оксителлуриды 4/1024
- Окситерпеновая смола 4/1089, 1090
- Окситетрациклин 4/1109, 1110
- Окситонит 3/712, 401, 626, 713, 929; 1/552, 559, 660, 1171, 1172; 2/1321; 4/1194
- Оксифеилон 2/743
- Оксифосфаты 5/249–252
- Оксифосфораны 5/292, 293
- Оксифосы 1/164
- Оксифториды 1/618, 1191; 2/496, 769, 1031; 4/983, 1176; 5/82, 390, 396, 765
- Оксифтоританаты 4/1176
- 8-Оксихиалидин 3/714
- Оксихиалины 1/453. См. также *Гидроксихиалины*
- 4-изомер 4/232
- 8-изомер 3/713, 714; 2/1218; 4/232
- Оксихлориды 4/1174; 5/555, 765
- Оксихлоронептунаты 3/424
- Окситилидедифосфоновая кислота 3/714, 715; 2/872
- Окситилирование 1/960; 2/211, 627; 3/715–719; 5/15, 660, 974, 976, 990
- Окситилированные соединения 1/960; 2/111, 627
- алкиламины 3/715, 716, 1165, 1169; 4/699
- алкилфенолы 3/716, 717, 1165, 1168, 1169; 4/699, 1012; 5/950
- бетанины 3/1167
- гидразины 1/1074
- дифенилпропан 4/54
- жирные кислоты 3/717, 718, 1165, 1169; 5/950
- неионогенные ПАВ 3/1165, 1166
- поли-ε-капроамид 3/1251
- спирты 3/718, 992, 1165, 1166, 1168, 1169; 4/699, 700
- стеарокс-6 4/1012
- целлюлоза 3/718, 719; 4/888; 5/664, 667
- 2-Оксадиат, метаболизм 3/617–620; 4/1260
- 2-Оксаальдегиды 3/814
- 5-Оксо-2-аминопентановая кислота 3/809
- Оксоаммониевые соли 3/545
- Оксоапрофины 2/400
- β-Оксоацетаты 3/285
- Оксоацетаты 5/751
- 2,2'-бис-(3-Оксобензо[б]тиенилиден) 4/1128, 1129
- Оксобораты 1/580–582
- 3-Оксобутаналь 2/742
- 2-Оксобутановая кислота 3/133
- 2-Оксобутанат, метаболизм 3/617–621; 4/1260
- 3-Оксовалерат, метаболизм 3/617, 618
- 4-Оксовалериановая кислота 2/1153
- Оксогоалогениды 1/815, 816, 949–951; 2/267, 1032, 1088, 1090; 3/245, 246, 424, 577, 750, 751; 4/358, 711, 947, 983, 985; 5/438, 611–613, 616. См. также *Оксиагоалогениды*
- Оксогоалогенометаллаты 1/950; 3/246, 247, 489, 493–496
- 2-Оксогоксаметиленимин 2/616, 617
- Оксогоксифторвольфрамовая кислота 1/822
- Оксогоидроксиалюминаты 1/205, 206
- 2-Оксоглутарат, метаболизм 3/617–620; 4/1259, 1260, 1262
- 2-Оксоглутаратдегидрогеназа 3/880; 4/1119, 1260
- 4-Оксоглутарилполуальдегид 3/619, 620
- Оксолутаровые кислоты 1/395, 1149; 2/1193; 3/810, 811; 4/1119
- Оксогруппа 3/573
- 3-Оксо-3Н-диазирин 2/69
- 2-Оксодигетерофосфоринаны 2/94
- 10-Оксо-3,6-диоксо-9-азануидекановая кислота 3/574
- 2-Оксо-1,3-диоксолан 5/990
- 2-Оксозовалерат, метаболизм 3/617–620
- 2-Оксозовалериановая кислота 3/878, 879; 4/1119
- 2-Оксозогексаноат, метаболизм 3/617–620

бис-(3-Оксо-2-индолиниден) 2/440, 441
 Оксокарбены 1/811; 2/970
 2-Оксо-3-карбоксиизогексаноат 3/617, 618
 Оксокарбонаты 5/762
 Оксокарбоновые кислоты 1/194, 195; 3/617–620; 5/641, 642. См. также *Альдегидо- и кетокислоты*, *Оксо-кислоты*
 Оксокислоты 1/194, 195; 2/783, 784, 1193; 3/617–622, 1021; 4/1242. См. также *Альдегидо- и кетокислоты*, *Оксокарбоновые кислоты*
 Оксолактоны 3/291, 292
 Оксолин 3/719; 4/218
 Оксолиновая кислота 1/453
 7-Оксолихоловая кислота 2/278
 «Оксоль» 3/750
 Оксолия 1/1092, 1093, 1097
 2-Оксомасляная кислота 5/767
 Оксометаллаты 1/382; 2/1207; 4/519
 2-Оксо-3-метилбутановая кислота 2/1158
 2-Оксо-3-метилвалерат 3/619, 620
 1-Оксо-5-метил-1,2-дигидрофенантин 2/975
 2-Оксо-4-метилпентановая кислота 2/1158
 (2-Оксо-1-метил-3-пирролидинил)-3-пирролилкетон 3/120
 2-Оксо-4-метилпентановая кислота 3/133
 Оксониевые соединения 3/719, 720–723, 731, 797, 923, 1043; 1/767, 958; 2/6, 118, 214, 697, 698; 5/400, 407, 428, 1007. См. также *Карбоксоний-катионы*
 Оксонитраты 3/504; 4/598
 α-Оксонитрилы 5/427
 D-4-Оксопантеновая кислота 3/879
 4-Оксопентановая кислота 2/744
 Оксопирраны 3/1073–1075
 Оксопронол 1/49, 50
 2-Оксопропаналь 2/742
 15-Оксопропантидины 4/212
 Оксоселениды 4/618
 Оксоселены 1/648, 649, 865, 867; 2/98, 359, 642, 646, 1298; 3/728; 4/208. См. также *Гидроформилирование*
 Оксосоляные кислоты 2/361; 4/741, 1247
 Оксосоли 3/577, 1056
 Оксоспирты 1/864
 4-Оксо-2-тиоксо-1,3-тиазолидин 4/530, 531
 3-(4-Оксо-2-тиоксо-5-тиазолидинил-азо)бензолсульфокислота 4/531
 Оксоуглеродные кислоты 3/723, 724
 Оксоулероды 3/723, 724, 986
 9-Оксохинолидин 5/537
 6-Оксо-8-хлороктановая кислота 2/1194
 Оксохроматы 5/630–633
 Оксоцерааты 5/695
 Оксоантарная кислота 5/1058
 Октаилкислоты 4/146
 Октабараны 1/588, 589
 Октабаты 1/580
 Октагалогендиридат-анион 2/984
 Октагептаены 2/1102
 Октагидробензофуран 1/531
 Октагидроизохинолин 3/1022
 Октагидроксициклобутан 3/723
 Октагидроперилен 3/950
 Октагидрофенантрин 3/308; 5/117
 Октагидрохинолидин 5/523, 524
 Октадекаборан 1/588, 589
 Октадекадиеновая кислота 1/863, 864; 4/527
 1-Октадеканин 3/724
 Октадекановая кислота 1/827, 863–865; 2/643, 644; 5/973. См. также *Стеариновая кислота*

α-Октадеканол 1/826
 6,9,12,15-Октадекатетраеновая кислота 3/396
 Октадекатриеновая кислота 1/863, 864; 3/395–397; 5/26
 N-Октадеценил-N,N'-триметилэтилендиаминдиол 2/83
 Октадеценные кислоты 1/863, 864; 3/729, 730; 4/377, 378
 Октадециламины 3/724, 725; 1/339; 4/833
 Октадециламмоний-О,О-днэтилтиофосфат 4/230
 1-О-Октадецил-2-ацетил-сп-глицеро-3-фосфолин 1/165
 Октадецилизонанат 2/401
 Октадецилнитрил 3/724
 Октадециловый спирт 1/866; 4/833
 3-Октадецилокси-1,2-пропандиол 2/1155, 1156
 Октадецилсилан 2/1172
 Октадин 3/725; 1/1120; 4/694
 Октакарбонилдизелло-анион 2/252
 Октакарбонилкобальт 2/417, 830
 Октакозанол 1/827
 Октаметилвольфрам 2/925
 1,2-Октаметилэтилендиамин 2/82
 Октаметилтетраамидпирофосфат 3/1077
 Октаметилциклотетрасилазан 3/805
 Октаметилциклотетрасилоксан 3/807
 Октамаль 3/725, 727; 2/251
 1,8-Октаидкарбоновая кислота 4/606, 607
 Октаоаты 1/1027
 Октаовая кислота 1/863, 864; 2/643, 644; 3/728, 1089; 5/973
 Октаовое число 3/725, 278, 448, 462, 463, 726–728, 913, 918, 1129; 1/47, 499, 668; 2/46, 309; 4/174; 5/696, 980, 994. См. также *Антидетонаторы моторных топлив*, *Бензины*
 Октаолы 1/838; 2/140, 252; 3/727–729; 4/527; 5/67, 131. См. также *Окшиловы спирты*
 Октаптиол 4/1136
 Октаптер правило 3/773; 5/542–545
 Октаптерин 5/117
 Октапы 3/726, 345, 727, 728; 1/560, 909; 2/686; 5/71
 Октаорганоциклотетрасилоксаны 2/1011
 Октапептиды 1/1120
 Октасахариды 1/1138
 Октагетраен 5/647
 Октаинон 4/230
 (E,E,Z)-1,3,5-Октатриен 1/415
 Окта(фенилтио)нафталин 3/982
 Октафторизобутилен 5/401
 Октафторнафталин 4/66
 2,2,3,3,4,4,5,5-Октафторпентаанол 4/805
 Октафтортрисилан 2/1031
 Октафторциклобутан 3/985
 Октафтортрисилан 2/1032
 Октахлорциклопентен 1/997
 Октахлорфосфаты 5/249
 1-Октен-3-ол 3/1089
 Октены 3/18, 727
 Октета правило 4/106, 107
 трет-Октилазметин 2/68, 69; 5/460, 461, 463
 L-Октил-3-гидрокси-4-хлорбутират 2/655
 Октиловые спирты 3/728, 711, 725, 727, 729; 1/866; 2/799
 Октиловые эфиры 2/616; 3/728
 Октиловый альдегид 3/725
 Октил-3-оксо-4-хлорбутират 2/655
 2-(Октилтио)этанол 4/494
 n-Октилфенол 1/156; 5/999
 Октилфталат 5/377
 2-Октилциклопропанкарбоновая кислота 4/230

8-(2-Октилциклопропенил)октаовая кислота 5/731
 Октили 2/623; 4/230
 Октиген 3/729, 263, 503, 530; 1/608, 705, 706; 4/731, 1082
 Октил 3/729; 4/731
 Окуния метод нанесения лакокрасочных материалов 2/1130, 1131
 окрашивания, см. *Крашение формования* 4/11
 Окусановые 3/93, 1000, 1001
 Олгестон ацетонид 1/1048
 Ол-группы 1/1097
 Олеанан 4/579, 580
 Олеандомини 2/1262
 Олеанены 3/939, 940
 Олеаноловая кислота 4/1092
 Олеаты 3/730
 Олеиловый спирт 3/730
 Олеин 3/730
 Олеиновая и элаидиновая кислоты 3/729, 301–304, 325, 395, 396, 659, 730, 834, 897, 922, 1186, 1227; 1/19, 64, 863, 864, 1085, 1144; 2/83, 108, 114, 303, 307, 660, 735, 1215; 4/34, 133, 165, 172, 527, 580, 725, 726, 769, 770, 833, 903, 918, 977, 990, 1012; 5/26, 143, 551, 671, 951
 Олеиновый спирт 3/730
 1-Олеил-2-пальмитил-сп-глицеро-3-фосфо-сп-1'-глицерин 5/244
 Олеофильность и олеофобность 2/1181, 1182; 5/394, 395
 Олеомаргарин 2/308
 Олеум 1/944, 945, 1065; 2/79, 119, 1096; 3/280, 383, 524, 528, 529, 662, 676, 690, 913, 981, 1045; 4/71, 448, 642–646, 648, 658, 659, 744, 917, 919, 923, 928, 935, 1083, 1204, 1205; 5/139, 142, 412, 521, 523, 974
 Олефины 3/737, 738–740, см. также *Алкены*
 активированные 2/410
 иономеры 2/515, 516
 как ингибиторы 2/432
 комплексы переходных металлов 3/735, 82–84, 251, 475, 476, 478, 659, 736, 737, 826, 874, 875, 1130, 1131; 1/823; 2/274–276, 337, 338, 1147, 1289; 4/468, 565, 641; 5/538, 634. См. также *Цейзе соль*
 оксиды 3/730, 708, 731, 732, 1265; 2/921; 5/607
 – метилоксидан, см. *Пропиленоксид*
 – оксидан(ы), см. *Этиленоксид*
 – полиоксипропилен, см. *Полипропиленоксид*
 – полиоксипропилен, см. *Полиэтиленоксид*
 определение 1/616; 3/740
 полимеры 2/921; 3/907; 4/23, 81, 766. См. также *Полиолефины*
 получение 1/140, 177, 183, 198, 210, 243, 271, 658, 998, 1180, 1203; 2/11, 14, 16, 246, 410, 665, 751, 845, 846, 934, 935, 966, 1005, 1143, 1171, 1172; 3/61, 316, 346, 443, 449, 450, 552, 734, 739, 740, 743, 765, 786, 790, 791, 833, 884, 1005, 1008, 1058, 1059; 4/343, 802, 805, 872, 922, 931, 1025, 1058–1060, 1133, 1137, 1258; 5/195, 259, 311, 606, 607, 1008
 применение 3/740
 свойства 1/31, 149, 157, 158, 161, 163, 198, 199, 210, 506, 512, 596, 600, 601, 602, 606, 638, 640, 642, 643, 648, 659, 709, 711, 715, 752, 753, 864, 865, 942, 947, 951–953, 960, 964, 969, 1053, 1056, 1057, 1060, 1077, 1082, 1084, 1095, 1096, 1108, 1113, 1116, 1160–1162; 2/13, 92, 98–100, 113, 129,

135, 140, 158, 246, 247, 275–277, 310, 311, 381, 537, 622, 623, 633, 640, 646, 663, 667, 670–672, 674, 697, 698, 741, 747, 750, 824, 874, 887, 889, 919, 921, 935, 970, 971, 1172, 1205; 3/46, 78–80, 84, 103, 104, 241, 257, 289, 325, 347, 406, 444, 449, 514, 516, 528–531, 535, 540, 541, 554, 558, 659, 660, 667, 678, 680, 732, 734, 735, 791, 875, 876, 891, 975, 976, 981, 1049; 4/101, 157, 158, 168–170, 176, 177, 202, 203, 418–421, 499, 500, 525, 534, 581, 737, 738, 803, 857, 895, 896, 914, 928, 947, 1027, 1104, 1111, 1137, 1156, 1227, 1258; 5/20, 56, 132, 222, 261, 279, 280, 311, 332, 359, 365, 367, 368, 392, 439, 442, 534, 545, 581, 605, 684, 705, 711–713, 731, 735–738, 740, 785, 791, 794, 903, 907, 961, 976, 982, 983, 1009, 1011, 1012
 сульфаты 3/740; 4/927, 928
 терминальные 1/1180; 2/311, 312; 5/199
 тиооксиды 3/733, 62, 63, 310, 734, 735; 2/173, 175; 4/634, 911; 5/14, 261–263. См. также *Тиураны*
 фторированные 2/707, 708. См. также *Фторолефины*
 Олеформ 4/30, 31
 Олибановое масло 2/1113
 Олибанум 2/1113
 Оливановая кислота 2/1135, 1136
 Оливинит 1/382
 Оливиниты 4/561
 Оливиниты 2/1233; 3/740, 741; 4/674, 675, 679–681
 Оливковое масло 2/175; 3/304, 395, 730; 4/378–381, 383, 713, 721
 β-D-Оливиоз 3/740
 α-L-Оливиоз 3/740
 Оливиомидины 3/740, 741; 4/236
 α-D-Оливиоз 3/740
 Олигоаденилат 4/518
 Олигоалкиленгликольмаксималнатфалаты 4/91
 Олигоамиды 3/741, 742, 743
 Олигоарилаты 3/1213
 Олигобутилен 2/286
 Олигобутиленакрилонитрил 2/286
 Олигобутилендиол 2/284
 Олигобутиленкарбоновая кислота 2/284
 Олигогидроксифиры 4/51
 Олигогликозилцерамиды 1/1139, 1140
 Олигогликоли 4/54; 5/85
 Олигогликольмаксималнатбизоаты 5/951
 Олигодезоксинуклеотиды 3/589–593
 Олигодезоксирибонуклеотиды 3/1241
 Олигодендиамин 2/285
 Олигодендигидразиды 2/286
 Олигодендилизонанаты 2/286
 Олигодендикарбоновые кислоты 2/285, 286
 Олигодендиолы 2/285, 286; 4/54
 Олигодендиэпоксиолы 2/286
 Олигодендиуретанидиакрилат 2/285
 Олигодендиуретанидиэпоксиолы 2/116, 285
 Олигоденины, см. *Жидкие каучуки*
 Олигодиметил(метил)дихлорфенилсилоксановые жидкости 2/1011, 1012
 Олигодиметил(метил)-γ-трифторпропилсилоксановые жидкости 2/1011, 1012
 Олигодиметилсилоксановые жидкости 2/1011, 1012
 Олигодиметилсилоксановые жидкости 5/998
 Олигодиметилсилоксановые жидкости 2/1011
 Олигоэпиды 1/1127, 1128
 Олигоизобутилен 2/286
 Олигоизопрен 2/286

- Олигоимидокислоты 2/807
Олигоимиды 2/807; 3/1121
Олигокарбонатакрилаты 2/806; 3/744–746
Олигокарбонаты 3/1253, 1254
Олигокраз 3/1192
Олигоконденсация 5/794
Олигомергомологи 2/1144
Олигомеризация 3/78, 79, 84, 449, 737, 743, 744, 876; 4/177, 928, 1026; 5/60, 370, 394, 636, 713
Олигомеры 3/742; 5/59, 72, 73, 134–136, 386, 429, 813–817, 962–965, 982
акриловые 3/744, 743, 745, 746. См. также *Олигоэфиракрилаты*
водорастворимые 1/789
вспенивание, см. *Пенноласты*
жидкие, см. *Жидкие каучуки*
иммобилизованные 2/1324, 1325
макрономеры 2/1266, 1267
окрашенные, см. *Полимерные красители*
оксоуллероды 3/723
полиалкиленгликольмалеинаты и полиалкиленгликольфумараты 3/1200, 1201
полиамины 3/1210, 1211, 1212
полиассоциированные 1/1086; 2/596
полиины 3/1249
пигментированные 3/1010, 1012
получение 1/334, 990, 995; 2/95; 3/123, 743, 891, 983, 1167, 1230; 4/1000–1002. См. также *Олигомеризация*, *Поликонденсация*, *Теломеризация*, индивидуальные представители и их группы
предполимеры, см. *Форполимеры*
применение 1/1043–1046; 2/295; 3/743, 773, 774, 750, 1139, 1140
свойства 1/711, 712, 1045; 2/118, 806, 1016, 1017; 3/34, 35, 104, 742, 743, 800, 838–840, 870, 1121, 1254–1258; 4/51, 52, 54, 55, 57, 487
сплавы 4/732, 734
телехеловые 3/742
функциональность 2/299; 3/660; 5/425, 426
элементоорганические 2/804, 1014, 1015, 1237; 3/714, 759, 762, 763, 800, 803, 806
Олигометилбензола 5/138
Олигометилфенилсилоксановые жидкости 2/1011, 1012
Олигомины 3/670
Олигонуклеотиды 3/584–594, 601, 643; 4/496, 497, 1000–1002
Олигоолефины 3/743
Олигоорганосилазаны 2/1014
Олигоорганосилоксаны 2/1011, 1012, 1014; 3/743, 744
Олигопептиды 3/399–401, 743, 924, 925, 929, 930; 5/1028
Олигосахариды 3/746, 269, 614, 655, 656, 747–749; 1/198, 232, 1097, 1126, 1127, 1137, 1138, 1154; 2/31, 732, 988, 1144, 1178, 1189, 1190, 1228; 4/35–38, 215, 216, 381, 581, 582, 1242; 5/37–39, 93, 195, 196, 271, 373, 375, 661, 995
Олигоуретакрилаты 3/744–746
Олигоуретаны 2/406, 805; 3/742; 4/54
Олигофосфаты 5/247
Олигофторенадинаты 3/742
Олиготоксисилоксаны 5/997, 998
Олигоэфиракрилаты 1/847; 2/212, 743–745, 804, 806, 839, 907, 1114; 4/54, 91, 92, 95
Олигоэфирдиолы 3/743
Олигоэфируретаны 4/51
Олигоэфирэпоксиды 3/905
Олигоэфирзы 2/202, 805; 3/743, 744, 905, 1121; 5/84–86. См. также *Индивидуальные представители*
β-D-Олиоза 3/740
Олифы 3/749, 750, 822, 1032, 1140; 2/312, 799, 982, 1129, 1296; 4/383, 600, 1115; 5/551
Олредра–Року шкала 5/897
Олово 3/755, 575; 5/936, 937
амальгамы 1/223; 4/552
белое 4/105
галогениды 3/750, 63, 86, 89, 90, 244, 515, 526, 545, 553, 565, 682, 718, 722, 751–753, 755, 757–763, 977, 1227, 1241; 1/257, 348, 526, 717, 814, 833, 958, 1024, 1093, 1216; 2/10, 73, 134, 140, 203, 239, 336, 645, 697, 770, 779, 1125; 4/169, 170, 539, 627, 718, 865, 866, 916, 946, 1025, 1027, 1122, 1138, 1157; 5/7, 16, 123, 142, 224, 367, 372, 432, 457, 991
германиевый гранат 1/1035
гидриды 1/592, 1079; 2/1205; 3/82, 576, 757
гидроксиды 1/1092; 2/1079; 3/753, 757
жидкое 2/300
интерметаллиды 1/331, 332, 384; 2/480, 481, 483–486, 1331; 3/348, 754; 4/556, 601; 5/655
кислоты 3/750, 753, 757, 758
кластеры 2/792, 793
комплексы ионные 2/1089
– полиядерные 1/1099; 4/97
металлаты 3/751, 757; 4/227
нитраты 3/757
оксиды 3/752, 67, 504, 698, 699, 751, 753, 756–759, 1069; 1/339, 754; 2/222, 453, 567, 627, 838; 5/332, 333
определение 1/615, 670, 739, 1060; 2/205, 499, 566, 709, 731, 1090, 1104, 1217; 3/758, 969, 1044, 1058; 4/1126, 1202; 5/128, 431, 837
органические соединения 3/759, 84, 252, 317, 432, 751, 757, 758, 760–763, 978, 1016, 1056, 1124, 1130, 1241; 1/9, 168, 193, 668; 2/128, 174, 183, 362, 401, 731, 792, 793, 1022; 4/51, 54, 302, 594, 596, 641, 816, 946, 986, 1127; 5/265, 383, 421, 439, 449, 735, 740, 934
перхлорат 3/757
полимеры 3/419
получение 1/811, 977; 2/821; 3/93, 412, 635, 756, 758, 763, 1001, 1070; 4/139, 560, 561, 593, 712; 5/205, 206, 651, 854, 895, 923
применение 1/337; 2/671, 676, 685, 801, 1329; 3/71, 85–87, 96, 758, 759; 1126; 4/105, 106, 108, 114, 115, 359, 1007; 5/470, 753, 796, 915, 920. См. также *Оловянно-цинковые*
свойства 1/617, 652, 944, 1015, 1017; 2/282, 383, 574, 618, 1153, 1331; 3/89, 90, 96, 98, 538, 539, 553, 561, 756–758, 955, 958; 4/105, 591, 723, 813, 1003, 1022, 1100; 5/85, 455, 656
серое 4/105, 108
сплавы 3/753, 82, 306, 754, 758, 759; 1/343, 617, 1039; 2/453, 454, 801, 948, 1122, 1331, 1333; 4/594, 601, 602, 640, 809, 945, 975, 1180, 1181; 5/371, 753, 766
сульфаты 1/974; 2/709, 710; 3/757
феррит 5/163
фосфаты 3/757; 5/250–252
халькогениды 3/754, 243, 250, 755, 756, 763, 1069; 2/443; 4/109, 111, 112, 584, 585, 617–619, 1023, 1024
цианаты 5/702
Оловые соединения 1/1096, 1097
Оловянирование 1/974, 976; 2/321
Оловянные кислоты 3/750, 753, 757, 758
Оловянный камень 3/753
Ольгало модификация 3/966
Оляция 1/1092, 1097; 2/933
Ома закон 4/1067
Омагничивание водных систем 3/764, 634, 637
Омайт 1/107
Омегагроны 2/1313
Омефин 1/330; 2/439
Оминпак 4/478
Омыление 3/764, 106, 268, 519, 524, 894; 2/117, 439; 5/781
число 3/764, 1186; 2/304, 306, 769; 5/25, 1002
Онневые соединения 3/764, 21, 765, 936, 988, 989; 2/411, 697, 698; 4/177, 244, 458, 429
аммониевые, см. *Аммониевые соединения*, *Аммоний*
галогеноионные 1/957, 958, 959; 3/722
карбонсний-катионы 2/628, 629, 642; 3/720, 722, 1023, 1024
оксонионы 3/719, 720–723, 731, 797, 923, 1043; 1/767, 958; 2/6, 118, 214, 697, 698
фосфонионы, см. *Фосфонионы соединения*
фотосенсибилизаторы 5/341
цигтер-ионы, см. *Илиды*
цианалы 5/700
Ониксы 2/1027
Онкогенные вещества, см. *Канцерогенные вещества*
Онсагера
коэффициенты 4/830, 1067
линейные законы 4/1067, 1068
принцип 4/1068, 1069
соотношения взаимности 2/848; 4/1067–1069; 5/849, 850, 919
теорема 3/947; 4/831, 1068
уравнение 4/409, 749; 5/900
Онсагера–Махлупа функция 4/1069
Опалесценция 2/1072–1074; 3/1193; 5/103
Опалы 2/153, 222, 223, 1026, 1027; 3/164, 838; 4/680
Оператор(ы)
Брейта–Паули 4/788
Гамильтона, см. *Гамильтониан(ы)*
момента квантового перехода 2/727
химико-технологических схем 2/748, 750
эрмитовы 2/718, 720
Опероны 3/212; 4/1229, 1231
Опиановая кислота 5/380
Опиаты 3/765, 766; 4/516
Опий 3/1080
Опиолон 4/49, 50
Опиоим 5/1004
Опионидные пептиды 3/765, 133, 400, 766; 1/138; 4/516; 5/1040, 1041
Опоки 1/52; 3/838; 4/834
Опорное давление 1/661
Оппазин красный 2/1003
Оппенгаузера реакция 3/767, 10, 768, 1243, 1244; 1/170, 199, 436; 4/803
Оппозитные компрессоры 2/882, 883, 886
Определители Слейтера 3/232
Опреснение воды 1/772, 847, 912; 2/799, 1043; 3/56
Опробование материалов 4/179–183
Опсиин 1/741; 4/537, 538
Оптан 5/87
Оптимизация 3/769, 197, 770–772; 1/25, 1201, 1202; 2/747; 5/194, 467, 472, 473, 717, 810, 811, 830
Оптическая активность 3/772, 210, 773, 786, 1040, 1041; 1/619; 2/228, 1172; 4/858; 5/546
аминокислот 1/249, 251, 254, 550; 2/905, 1169, 1172; 3/924; 4/391, 524, 535
в магнитном поле, см. *Фарадея эффект*
и пирамидальная инверсия 3/1036, 1037
и получение соединений, см. *Асимметрический синтез*, индивидуальные представители
и хиральные элементы, см. *Асимметрические атомы*, *Хиральность*
и число фаз в системе 5/97
и эффект клетки 2/810
– – Фарадея 5/546
конформеров 3/773. См. также *Конформации молекул*
мера, см. *Оптические вращения*, *Хироптические методы*
полимеров 2/674
энантиомеров, см. *Изомерия оптическая*, *Рацематы*, *Рацемизация*
Оптическая изомерия, см. *Изомерия оптическая*
Оптические материалы 3/773, 354, 418, 489, 774–778; 2/1245; 4/877, 911, 985, 997, 998; 5/214, 658, 754. См. также индивидуальные представители
акустические 1/136–138
белые пигменты 3/1011–1013
бескислородные 3/777
волоконные, см. *Волоконная оптика*
градиентные 3/776, 777
двойное лучепреломление, см. *Керра эффект*
иммерсионные жидкости 3/776
ион-радикальные соли 3/225
катализаторы 3/25
кварцевые 1/392; 3/772–777
керамика 2/734, 735; 3/774
клеи 1/454; 3/776
красители 3/132; 4/624–626
лазерные 2/1072, 1123, 1124; 3/776
магнитные 2/1243; 3/777
минералы 3/167
оксидные 3/774, 777; 4/835–840
отбеливающие, см. *Отбеливатели оптические*
пьезоэлектрические, см. *Пьезоэлектрики*, *Сегнетоэлектрики*
сенсбилизаторные, см. *Сенсбилизаторы*
стекла 2/590; 3/410, 774–777, 1193; 4/724, 835–838, 840, 841, 876, 975, 1022; 5/751
стеклокристаллические, см. *Ситаллы*
цемент 1/454
эллисометрия 5/941
Оптические методы
газовый анализ 1/888, 889, 915, 916
дефектоскопия 2/49
детектируемый ЭПР 5/893
накачка лазеров 2/1116, 1117, 1119
обесцвечивание 5/678
спектроскопия 1/407, 412–414; 3/404. См. также *Спектрофотометрия*
– акустическая 3/768, 769
– гальваническая 2/1121
– ИК, см. *Инфракрасная спектроскопия*
– калориметрическая 2/1121
– КР, см. *Комбинационного рассеяния спектроскопия*
– молекулярная 3/220, 209
– ультрафиолетовая 5/64, 65, 66
– Фульре 5/435, 436
тензиметрия 4/1032, 1033

- Оптические отбеливатели, см. *Отбеливатели оптические*
- Оптические устройства анализаторы газов 1/888–890 – жидкостей 2/291
 вломеры 1/756
 гиетрометры 1/756
 датчики давления 2/1284
 квантовые генераторы 2/1084
 лазерные, см. *Лазеры*
 печи 3/999
 пирометры 3/1070, 1071, 1072; 2/574
 пылемеры 4/279, 280
 сенсоры 4/627
 сигнализаторы 4/666
- Оптический выход 1/388–392
- Оптическое вращение 1/388, 619; 2/128; 3/298, 299, 773; 5/539. См. также *Хироптические методы*
 знак и величина, см. *Бростера метод*, *Мутаротация*
- Оразол: 1/438
- Оранжевые красители акридиновый 5/649
 дифениламиноый 5/19
 кислотный 5/19
 ксиленоловый 5/379, 750
 метиловый 5/553
 метиловый 2/980
 семиксиленоловый 5/379
 тропеолины 5/19, 20
- Орбенкарб 4/1132
- Орбитали 3/778; 1/405
 атомные, см. *Атомные орбитали*
 базисные 3/783
 водородоподобные 3/778, 779
 вырожденные 3/232
 гауссовы 3/223, 783
 гибридизация, см. *Гибридизация атомных орбиталей*
 граничные, см. *Граничные орбитали*
 декартовы 3/783
 кубические 3/778, 779
 локализованные 3/236, 237, 781–783
 магнитные моменты 2/1244; 3/881
 модели 3/227
 молекулярные, см. *Молекулярные орбитали*
 несвязывающие 3/781, 965
 разрыхляющие 2/794, 912; 3/781, 782; 4/420
 связывающие 3/781, 782, 965
 симметрия 2/127, 129, 724; 3/227, 651; 4/691–693. См. также *Вудворда–Хоффмана правила*
 слейзеровские 3/783
 спиновые 3/232
 тессеральные 3/778, 779
 электронная корреляция 2/905
 энергии 2/1104; 3/233, 235, 236, 778, 780–782
- Организационно-технологические автоматизированные системы управления 1/26, 27
- Организованные выбросы 3/852
- Органилазиды 5/791
- Органигалогениды 4/759, 1024, 1025; 5/195, 305
- Органидихлорфосфины 5/278
- Органиполсульфиды 4/42, 43
- N-Органилсиланы 3/805
- Органилсилатраны 4/672
- Органилтетрагалотеллураты 4/1024
- трис-(Органилтио)карбоневые соли 4/1155
- Органилтрифтоматфосфаты 4/1163
- Органилфосфиды 5/264
- Органилфосфонистые кислоты 5/261
- Органилфосфоновые кислоты 5/275
- Органилфосфорные кислоты 5/253
- Органилхлорфосфонаты 5/279
- Органическая масса угля 1/1086; 2/596
- Органическая геохимия 1/1020
- Органическая химия 3/783, 29, 30, 784–788; 2/932–942; 5/42, 481, 492–495, 508, 903, 904
- Органические соединения 3/783. См. также индивидуальные представители, их классы и группы
 анализ, см. *Органических веществ анализ*
 «влажное сожжение» 3/987
 возникновение 3/788
 классификация 3/784, 785
 номенклатура 3/568–575
 получение, см. *Органический синтез*
 стекло, см. *Стекло органическое*
 строение 3/29, 30, 786, 789
 удобрения, см. *Органические удобрения*
 фрагментация, схемы 2/1316; 4/511, 512
 цвет, см. *Цветность органических соединений*
- Органические удобрения 3/789, 790; 1/1210; 2/498; 3/279; 4/1223; 5/54
- Органический синтез 3/790, 784–787, 791–794. См. также *Переупорядочивание*, *Реакции химические*, включая именные
 искусственной пищи 2/534, 538, 539
 катализ 2/664–666
 компьютерный 2/886; 3/784, 793; 4/512
 на матрицах, см. *Матричный синтез*
 основной 3/832, 441, 784, 833; 2/594; 4/1208
 синтоный, см. *Ретросинтетический анализ*
 темплатный 2/1326
 тонкий 4/1207, 1208; 2/594; 3/784, 833; 5/153
 тяжелый 3/832, 833
- Органических веществ анализ 3/794, 795–799; 5/425, 693. См. также *Минерализация*, индивидуальные методы и их группы
- Органоалкоксинарсораны 3/316
- Органоалкоксиланы 2/1010, 1024
- Органоаминосиланы 2/1019, 1022
- Органоарсениды 3/314, 315
- Органоарсенистые кислоты 3/310
- Органоарсиновые кислоты 3/310
- Органоарсины 3/314, 315
- Органоарсиновые кислоты 3/310, 314
- Органоарсиновые кислоты 3/309, 315
- Органоацилосиланы 2/1019
- Органообораны 1/594–603
- Органообораты 1/594, 595, 598–600, 602
- Органоолокниты 1/807; 5/144
- Органоологениды 1/1040; 3/761, 763
- Органоологениды 3/799, 125, 126, 800, 801; 2/1010, 1018–1023; 5/128
- Органогели 1/1001, 1002
- Органогены 3/785
- Органогерманы 1/1039
- Органогетинакс 1/1062, 1063
- Органогидробораты 1/602
- Органогидросиланы 2/1019
- Органоидистаннаны 3/760
- Органоидитиоарсенистые кислоты 3/310
- Органоидиты 2/154, 331, 332; 3/86, 1114
- Органоидпропилиденаминоксиды 2/1022
- Органокарбораны 1/594
- Органокарбориноиды 2/945
- Органокарбориноиды 2/1227
- Органо-минеральные удобрения 3/789; 5/54
- Органооловооксиды 3/760–763
- Органоопластики 3/802, 327, 803, 804, 1119, 1122; 1/370; 2/878, 880; 4/723
- Органообразующие лакокрасочные материалы 2/1130
- Органоселенилгалогениды 4/620
- Органосиланы 3/803, 800, 804, 805; 2/1019, 1020, 1022
- Органосиланолы 2/1019
- Органоиланы 2/1019, 1020
- Органоилитианы 2/1019
- Органоилитиатные материалы 3/805, 806
- Органоилосиланы 3/806, 799, 800, 807, 808; 2/1019, 1020, 1022, 1023
- Органоиланноновые кислоты 3/760–762
- Органотекстолиты 4/1013, 1014
- Органотрифторарсиновые кислоты 3/309
- Органофторфосфораны 5/294
- Органофторсиланы, см. *Органофторсиланы*
- Органоциклодосиланы 3/803–805
- Органоциклодосиланы 3/806, 807
- Ореганский бальзам 1/454
- Орехс-40 4/134
- Оренин 2/142
- Ореолы рассеяния полезных ископаемых 1/1016, 1019, 1021
- Ореховое масло 4/377–380
- Ориентационные взаимодействия 2/206, 207; 3/16, 142; 5/958
- Ориентированное состояние полимеров 3/808, 144, 202, 809, 1121, 1135, 1136, 1138, 1203, 1207, 1251; 1/859; 2/1061; 4/2, 27; 5/229–231, 237
- стекляных волокон 4/844, 845
- Оризалин 1/1027
- Оризон 2/836
- Орлон 2/1166; 3/192, 1198–1200
- Ормозанин 5/525
- Оррид 4/694, 695
- Оринтин 3/809, 619, 620, 810–812, 928; 1/144, 148, 250, 362, 1152; 2/81; 4/1260–1262
- Оринтиновый цикл 3/810, 280, 619, 620, 622, 623, 809, 811, 812; 1/362; 4/1259
- Оропон 2/835
- Оротат, метаболизм 3/613, 619, 620
- Оротидиловая кислота 3/813
- Оротидин-5'-фосфат 3/813
- Оротовая кислота 3/812, 578, 613, 813, 1051; 1/750
- Ортит 4/570; 5/23, 965
- Орто (o), мета (m), пара (p) 3/813
- Ортоантимоны 4/943, 944
- Ортоарсенаты 1/381, 382
- Ортобораты 1/580, 582
- Ортоборная кислота, см. *Борные кислоты*
- Ортованадаты 1/670–672
- Ортованадиевая кислота 5/773
- Ортоводород, см. *Водород*
- Ортогалаты 1/935, 936
- Ортогаллиевая кислота 1/935
- Ортогерманаты 1/1034, 1035
- Ортогерманиевая кислота 1/1034, 1042
- Ортоидитерий 2/23, 24
- Ортоидиотульная кислота, эфиры 4/1154
- Ортокарбоновые кислоты 3/815
- Ортоклаз 1/221; 2/559; 3/167, 1193; 4/678
- Ортокремневая кислота 2/1006; 3/147, 813
- эфиры 1/170–172, 1032; 4/672, 698, 1050
- Ортолевы–Кинга реакция 3/813, 814; 2/1033
- Ортомарганцоватистая кислота 2/1287
- Ортометаллирование 3/72, 73
- Ортомолибдаты 3/240
- Ортомолибденовая кислота 3/240
- Ортомуравьиная кислота 3/813
- эфиры 1/199, 1147, 1203; 2/746; 3/285, 562, 674, 675, 815, 816; 4/1163; 5/224
- Ортомышьяковистая кислота 2/80; 3/305, 306, 311, 576
- Ортомышьяковые кислоты 2/38, 86; 3/305, 312
- Ортон перергруппировка 3/814, 815
- Ортоиловый С 1/459
- Ортоиобаты 3/488, 489
- Ортоволаки 3/568; 5/137
- Ортоволянная кислота 3/757
- Ортоперидаты 2/495
- Ортоплюмбаты 4/600
- Ортосиликаты 4/674–676, 682; 5/746, 748
- Ортосурьянная кислота 4/948
- Ортотеллуриновая кислота 4/1022
- Ортоугольные кислоты 4/1152, 1154, 1155
- Ортотитановая кислота 2/1015; 4/1173, 1178, 1179, 1183; 2/1015
- Ортоугольная кислота 1/1210; 2/639; 3/813, 815
- эфиры, см. *Ортоэфиры*
- Ортофен 1/297
- Ортоферриты 2/1240, 1241; 5/163, 164
- Ортофосфатцеллюлозы 5/243
- Ортофосфаты 1/284; 2/1130; 3/365, 366; 4/711, 712; 5/247–251, 288, 297
- Ортофосфорная кислота 1/40, 484, 1131; 2/1189; 3/695, 696; 4/133; 5/249, 271, 286, 287, 298, 299, 307, 981, 996. См. также *Фосфорная кислота*
- Ортофталевая кислота 2/809
- Ортохроматические фотоматериалы 2/37; 4/624, 625; 5/317
- Ортохромиты 5/633
- Ортоциклофаны 5/743, 744
- Ортоэфиры 3/813, 722, 815, 816, 817, 1028, 1049; 1/423, 1128, 1129, 1203; 2/420, 639, 732, 747, 913, 1215; 5/10
- Орципеналин, сульфат 3/817; 1/51
- Осадочная хроматография 3/817, 818; 1/625; 2/294
- Осадочные горные породы 1/1141, 1177; 2/349; 4/674
- Осаждение 3/818, 819–822; 1/1105, 1106; 5/489
- автофорез 1/775
- высаливателями, см. *Высаливание*
- газофазное, см. *Десублимация*, *Химическое осаждение из газовой фазы*
- гель-поддерживающее 2/340
- гидроавтоклавное 3/7
- гомогенное 1/1182
- гравитационное, см. *Капельная гравитация*
- пылеулавливание диффузионное 4/282
- дробное 4/833
- и адсорбционные индикаторы 1/362; 2/1217
- и аргентометрия 1/362
- и воздушная сепарация 4/628
- и гидравлическая классификация 2/790–792
- и гравиметрия 1/1182
- и качественный анализ 2/709–711
- и концентрирование 2/916
- и микрокристаллоскопия 3/160, 819
- и остаточные концентрации, метод 5/175
- и очистка стоков 3/858, 859
- и полимеризация 3/1195
- и потенциометрия 4/155
- и произведение растворимости 4/187
- и разделение смесей, см. *Осадочная хроматография*
- и соосаждение 3/819; 4/760–762
- и фильтрование 5/183

- и титрование 2/205, 449, 896; 4/155, 1188, 1189
и флотация 5/206
и формование волокон 1/731, 732
инерционные 2/613, 614; 4/282, 283, 285, 286
катализаторов 2/668–670, 675, 676
контактные 5/503
лакокрасочных материалов 2/1130, 1131
металлов 2/851; 3/71. См. также *Гальванотехника*
обменное 4/670
органическими реагентами 3/637; 4/395, 396
осветительное, см. *Освещение*
особо чистых веществ 3/835
остальдово созревание 2/319, 1048, 1049; 3/819
отстаиванием, см. *Отстаивание*
радиоактивных отходов 4/320, 321
сгущением, см. *Сгущение*
седиментационное, см. *Седиментация*
суспензий 2/819–822; 4/951–953
тонких пленок 3/1105
фотокаталитическое 5/333
центробежное 1/1105, 1106; 2/614, 791; 4/282, 285, 286; 5/673–677
электрическое 4/283, 286
электрохимическое 1/775; 2/1099; 3/7; 4/807; 5/62. См. также *Электроосаждение*
Осарсит 3/823
Осарсол 3/310, 318; 5/143
Осветительные материалы
керосины 2/738, 739, 1175; 3/441, 445, 446, 448
пиротехнические, см. *Пиротехнические составы*
Освещение 5/674
как осаждение 1/770; 3/351, 819–822, 859, 881, 896, 1089
оптических стекол 3/775; 4/838
фотоматериалов 5/453, 455
Осевые устройства
вентиляторы 2/877, 878
диффузия 3/1100
компрессоры 2/885, 886
насосы 1/849; 3/340, 341
пленочные аппараты 3/1143
Оседание 3/819
Осколочные ионы 2/1309, 1311, 1316
Ослабление фотоизображения 5/454, 455
Осматы 3/824
Осминовая кислота 3/824
Осминовый лаурит 3/824
Осмий 3/823; 1/570; 4/431; 5/937
антимонид 1/331
арсенид 1/384
галогениды 3/824–826; 5/391
гидроксид 3/824
дисульфид 3/824
кластеры 2/794, 795
минералы 2/535, 537; 3/823, 1132; 4/532
оксиды 1/727; 2/536, 537, 657, 739, 823–825; 4/848, 868; 5/428
определение 1/242, 529; 2/84, 183, 1230; 3/1133, 1134; 4/1142
органические соединения 3/825, 79, 91, 826; 1/169, 364; 2/362, 641, 651, 794, 795; 4/1160; 5/45, 384
получение 3/824, 825, 1193; 4/561, 562
применение 3/825
свойства 1/1015; 2/387, 671, 677; 3/97, 98, 823, 824, 949, 955, 956, 958, 959, 1132–1134, 1142, 1146; 4/803, 813, 1097; 5/929
сплавы 3/823, 825; 4/565
слюда 5/703
Осмистый иридий 2/535, 537; 3/823, 1132; 4/532
Осмодуриетки 2/181, 1078
Осмол 3/826; 2/600, 602, 1165; 4/714, 739
Осмометрия 3/826, 216, 827; 1/127
Осмоз 3/827, 826, 828–830; 2/156; 5/465, 857
в электрическом поле 2/1300
давление, см. *Осмотическое давление*
и коагуляция 2/817
и набухание полимеров 2/1264–1266
и связанная влага 4/954
и стабильность нонитов 2/504
капиллярный, см. *Электроповерхностные явления*
обратный 1/772; 2/196, 859, 1300; 3/39–41, 45, 196, 827, 828, 859, 861
термический 2/1300
химические потенциалы 5/499
Осмотическое давление 2/181, 293; 3/39, 40, 216, 624, 826–830; 4/79, 365, 372, 373; 5/465, 499, 856, 857
определение, см. *Осмометрия*
Осмоген 3/91, 826
Основания 5/95–97, 422–424
«жесткие» и «мягкие» 1/225; 2/281, 282
ионные и неионные, см. *Псевдооснования*
как дегазирующие вещества 2/9
как индикаторы 2/446–449
как катализаторы и их яды 1/1054, 1056; 2/770–774; 5/1047
как растворители 4/359, 360
как сшивающие агенты 4/969
комплексы Джексона–Майзенхаймера 2/132
комплементарные 2/877
Льюиса, см. *Льюиса кислоты и основания*
Манниха 1/312; 2/1279; 3/709, 1081; 4/173, 528, 529; 5/962
Миллона 4/545
неорганические 1/1098, 1099; 2/587; 4/744. См. также *Аммиак*, *Гидроксиды*, *Известь*, *Сода*, *Щелочи*
номенклатура 3/576, 577
определение, см. *Кислотно-основной анализ*
органические 3/830, 831, 832, 1238; 1/145, 228, 270, 524, 571, 1137, 1209; 2/69, 81, 110, 114, 115, 397–400, 458, 459, 593, 594, 620, 628, 639, 862, 877, 1031, 1191; 4/866, 867; 5/123. См. также *Алкогалиты*, *Металлоорганические соединения*
– красителей, см. *Основные красители*
– пиридиновые 1/199; 2/593, 845, 858, 963, 964, 1215; 3/1044, 1081
– пиримидиновые, см. *Пиримидиновые основания*
– пуриновые, см. *Пуриновые основания*
сфингозиновые 5/693
сильные и слабые 1/1070, 1098, 1099; 2/114, 116, 456; 4/343. См. также *Щелочи*
теории, см. *Кислоты и основания*
тиминовые 5/342
Трегера 3/1037; 4/390
Фишера 3/131
Хюнига 3/832
четвертичные, см. *Аммоний*
Шиффа, см. *Шиффа основания*
Основной(ый) катализ, см. *Кислотно-основной катализ*
Основной органический синтез 3/832, 441, 784, 833; 2/594; 4/1208
Основность кислот 2/813; 5/423, 424
Основные соединения. См. также *Амфотерные соединения*
горных пород 4/561
ионообменные смолы 1/289, 290; 2/520
красители 3/833, 536, 561, 834; 1/322, 367, 438, 1061; 2/114, 455, 977, 990, 994–996, 1128; 4/944, 945, 1116, 1199
– азиновые 1/74, 75; 3/833, 834
– азокрасители 1/83; 2/699, 700; 3/833
– арилметановые 1/367; 2/302, 700, 1128; 3/181, 833, 834
– бриллиантовый зеленый 3/834; 4/230, 945
– желтые К и О 1/113
– катионные, см. *Катионные красители*
– ксантоновые 2/302, 1082
– метилвиолет, см. *Основной фиолетовый К*
– метиленовый голубой 3/113, 834; 1/338; 2/221, 448, 450; 4/466, 945, 1116, 1117
– метиловый фиолетовый 2/447, 449; 4/944, 975. См. также *Основной фиолетовый К*
– оксазиновые 2/700
– периноновые 2/700
– роданины 4/530; 1/1082, 1083; 3/834
– синий К 1/367; 2/302, 1128
– спирторастворимые 3/834
– тиазиновые 4/1116
– феноксазиновые 3/536
– фиолетовый К 1/367; 2/302, 447, 449, 1128; 4/247, 944, 975
– кристаллический 2/1057, 114, 221, 302, 448, 449; 3/181, 834; 4/230, 396, 397, 945
– формазиновые, см. *Формазины*
– фуксины 5/412, 413
– ярко-зеленый 1/367; 2/302, 1128
лаки 2/1128, 701, 834, 978, 1083, 1329; 1/367, 1061; 3/1009, 1016; 4/1117
оксиды 2/783; 3/99
соли 1/1097; 3/504, 577; 4/744, 904, 943; 5/249–252, 630, 671, 754
Особо чистые вещества 3/834, 414, 835; 1/121; 2/84, 232, 271, 273, 1043, 1318; 4/400; 5/25, 64
Осрутин 4/562
Остаивающие кислые растворы 5/453
Остантены 2/1095
Остекальцин 1/750
Остаточная дисперсия 3/642, 643
Остаточные продукты
«декстрины» 1/232
дистилляции нефти, см. *Гудрон*, *Мазут*
масла 2/6, 7, 168, 903, 1251; 3/277, 446, 466, 472, 995, 1125; 4/167, 171, 438–440, 928, 1237
Остаточных концентраций метод 5/175
Остальда
закон разведения 5/856, 857, 900
созревание 2/319, 1048, 1049; 3/819
Остальда–Вейля модели 3/947
Остальда – Де Вилла закон 4/487
Остеосинтез 3/1241
Островки стабильности нуклидов и ядер 3/962; 5/1032
Островные кристаллические структуры 2/1055
Остромысленского–Жоба метод 2/56
Осушка
газов 1/896, 9, 847, 912; 2/327, 613; 4/540; 5/15, 291, 292
жидкостей и твердых веществ 2/1205, 1334; 4/967
Осциллополюрография 4/127
Осцилляторы 2/723, 727, 852, 853; 3/391, 392; 4/996
Отавит 2/551
Отбеливатели 1/656, 657
оптические 3/835, 132, 284, 360, 523, 679, 704, 836, 837; 1/515, 1076; 2/81, 975, 990, 998, 1228; 4/699, 700, 868, 1158, 1249, 1250, 1253
фотографические 5/453, 454
химические 2/569, 585; 3/34, 284, 292, 323, 359, 364, 658, 835, 836, 972, 978, 980; 4/382, 383, 699; 5/551, 560, 564, 568, 631, 664, 665, 754. См. также *Видорода перексид*, *Хлор*
– земли, см. *Отбеливающие земли*
– пищевые 3/838, 1089
Отбеливающие земли 3/837, 967, 968; 1/487; 2/903; 4/612, 649; 5/186
глины, см. *Бентонит*
кремнистые 3/838
– алюмосиликаты, см. *Цеоциты*
– диатомовые, см. *Диатомит*
– опoki 1/52; 3/838; 4/834
– трепел 2/733, 1026, 1027; 3/838; 4/834
Отбензиненные нефть и газ 1/929; 2/166, 167
Отбора правила
для квантовых переходов 4/472, 692; 5/883, 884
для перидиклических реакций 3/964, 965
Отвалы 4/712
Отверждение 3/838, 128, 839, 840; 4/487
бетонные 1/1076; 2/582, 585, 1175; 3/357, 1265
воздушной извести 2/350
древесной смолы 2/227
жидких каучуков 2/286
– стеклов 4/673
жиров 2/308
и коагуляция 2/816
и реология 4/487
и сварка 4/583
клеев 2/799–807; 4/715, 716
кремнийорганических соединений 2/1014, 1015, 1023
лакокрасочных материалов 2/1014, 1015, 1129, 1139; 4/51, 670
мастик 2/1319
органосиликатов 3/806
пленкообразователей 2/114; 3/282, 568, 1140
полимеров 1/859; 2/116, 867, 868; 3/114, 202, 542, 724, 742, 743, 745, 746, 1121, 1197; 4/3, 30, 91–93, 446, 822, 969; 5/73, 136, 137, 143, 430, 961, 962, 964
«полиприсоединение» 2/1023
радиационное 4/293
радиоактивных отходов 4/320, 321
Отвечающие средства 2/617
Отдушки 1/534, 668, 669, 988, 1078, 1096; 2/19, 26, 237, 359, 456, 517, 764; 3/118, 134, 290; 5/67, 130, 438, 774, 938
Отжиг 2/257, 258, 262, 273, 1333; 3/94, 98, 249, 256, 257, 497, 1120; 4/116, 117, 139, 291, 807, 808, 836, 1007; 5/100
Отзол 2/348
Отказы оборудования 3/320–323
Отклик, измерение 3/640–643
Открыпористые пенопласты 3/902, 904, 906, 907

- Открытые системы 3/841, 842, 935; 2/312
- диссипативные структуры 3/841, 842; 4/1070
- нерархические, термодинамика 4/1062, 1063, 1064
- концентрации интермедиатов 2/848
- лазерные, см. *Накачка*
- плазма 3/1094
- пламя 3/1189
- реакции в растворах 4/409
- квази стационарные 2/715
- релаксация 4/463
- самоорганизация 4/573, 574; 3/841
- цикл измеления 2/351
- Отмока шкур 2/995
- Отмывание 3/820, 822, 868
- Относительные параметры
- молекулярная масса полимера 3/217–219
- плотность 3/1145, 1146
- Отопительный газ 1/878
- Отоженные спекающиеся угли 2/597
- Отпуск
- металлов и сплавов 2/259–261; 3/94; 4/808
- твердых растворов 4/1007
- Отравленные приманки 3/994
- Отравляющие вещества 3/842, 843–847; 2/187; 4/269, 915, 1197; 5/238, 500–502, 536, 554, 561, 562, 588, 981, 982, 1045. См. также индивидуальные представители
- защиты, см. *Защитная одежда, Протигазы*
- обезвреживание, см. *Дегазация*
- Отражающие аппараты
- капелюшники 2/614
- печи 4/597
- покрытия 3/776, 777
- Отражение
- нарушное полное внутреннее, метод 2/493
- света минералами 3/167
- Отрицательная абсолютная температура 4/1030, 1031
- Отрицательные ионы 2/508, 528–532
- Отсадка 3/631
- Отсеивающий эксперимент 3/1107
- Отстаивание 1/770, 773, 1105, 1106; 2/226, 515, 819–822, 857–859, 1169; 4/272; 5/193, 831, 832
- Отунит 5/281
- Отхаркивающие средства 3/847, 848; 4/393; 5/746
- Отходы производства и потребления 3/629; 5/210
- бытовые 3/789
- газообразные 3/849–855, 864, 865
- галитовые 4/354
- жидкие, см. *Сточные воды*
- жидко-твердые, см. *Шламы*
- как удобрения 2/348, 349; 3/789
- обезвреживание и переработка 3/1000, 1001, 1100; 5/502
- радиоактивные 4/319, 320–322, 332, 337, 876; 2/15, 16; 5/1031
- рекуперация 3/863, 864
- твердые 3/863, 864
- Отщепления реакции, см. *Фрагментации реакции, Элиминирования реакции*
- Офиобилины 4/428
- Оффлокации 4/231
- Оффретит 2/676; 5/679, 680
- Охлаждение
- воздушное 4/1050
- жидкие смеси 1/567; 4/1113, 1114; 5/593
- закон Ньютона 2/574
- и кристаллизация 2/1052, 1053
- искусственное, см. *Холодильные процессы*
- критическая скорость 4/842
- Охотенсимии 2/398, 399
- Охрана природы 3/848, 416, 849–865; 4/319–322, 1210; 5/470, 471, 495, 496, 514, 833
- водный бассейн, см. *Сточные воды*
- воздух, см. *Атмосферы экология, Воздуха загрязнение и защита, Выбросы и отходы, Безотходные производства, Окружающая среда, Отходы производства и потребления*
- и химическое оружие 5/500–502
- Охрана труда 3/865, 866–868; 2/880–882; 4/319–322; 5/470. См. также *Техника безопасности*
- Охратоксины 3/152–154
- Охры 3/868, 869, 1011, 1012; 1/1141; 2/273, 354, 1003, 1296; 4/673; 5/67, 1001
- Оцимен 3/869, 1242; 4/1092
- Оцименол 3/869
- Очаговое самовоспламенение 1/829, 831
- «Очарованные» частицы 5/932
- Очистка
- биохимическая 3/860, 861, 864, 1055
- буровых растворов 5/204, 205
- в неорганическом синтезе 3/420
- в пирометаллургии 3/1069
- вод(ы), см. *Водоподготовка*
- стоков, см. *Сточные воды*
- выхлопов автотранспорта 2/666, 668
- газов, см. *Газов очистка*
- глубокая, см. *Особо чистые вещества*
- и соосаждение 4/762
- и химический транспорт 5/497
- ионообменная, см. *Иониты, Ионный обмен*
- мембран 3/38, 39, 56, 57
- металлов 3/1069, 1070. См. также *Рафинирование, Электрографирование*
- нефтяных фракций, см. *Нефтепродукты*
- окончательная, см. *Рафинирование*
- сублимационная 4/891–893
- суспензии 4/952
- Очищающие средства, см. *Моющие средства*
- «Ошибочная» репарация 4/493

П

- Пааля–Кнорра реакция 3/870, 871, 1079; 2/815; 5/713
- ПАВ, см. *Поверхностно-активные вещества*
- Павины 2/398–400
- Падан 5/1046
- Падающего шарика метод 1/729
- ПАИС, стеклопластик 3/1248, 1249
- Пайка 3/753, 754; 4/985; 5/62, 257, 753, 756
- Пайлен 4/727
- «Пайн-ойл», см. *Сосновое масло*
- Пакеты
- ионные, см. *Масс-спектрометрия*
- насадок 3/338, 339
- Паклобутрол 4/429
- Палатинка–Ландау правило 5/99
- Палатон 2/1276, 1277
- Палеобиогеохимия 3/871
- Палиотол 1/87
- Палитоксин 4/1194, 1195; 5/1040–1042, 1045, 1046
- Палладий 3/871, 955–958, 1193; 1/570; 4/431; 5/49, 937. См. также *Платиновые металлы*
- галогениды 1/424, 527, 713, 974; 2/1022; 3/477, 677, 739, 872, 874; 4/737, 738; 5/795
- гидриды 1/1081; 3/872
- интерметаллиды 1/383; 2/485; 3/165, 871, 1132
- кластеры 2/795
- минералы 2/334; 3/871, 1128, 1132
- нитрат 3/873; 5/795
- оксиды 3/871
- определение 1/79, 117, 336; 2/183, 709, 743, 1104; 3/536, 703, 1044, 1133, 1134; 4/184, 395, 399, 530, 531, 555; 5/19, 431, 436, 619, 723
- органические соединения 3/873, 735–737, 874–876; 1/432–434; 2/97, 98, 374, 642, 651, 795, 871, 927, 944, 1101; 4/96, 499, 500, 555, 738, 1148; 5/384, 439, 721, 725, 942
- перхлорат 3/990
- получение 2/87, 536, 873; 4/533, 561; 5/333, 926
- применение 1/896; 3/71, 872, 873; 4/266, 628, 958, 1098; 5/164, 365, 733, 735, 739, 915
- самородный 3/873, 1132
- свойства 1/4, 974, 976, 977, 1015, 1055, 1056, 1082, 1083, 1093; 2/26, 383, 615, 616, 645, 664, 666–668, 670–678, 751, 797, 851, 920, 962, 1076, 1077, 1242; 3/72–74, 79, 84, 96, 325, 347, 387, 396, 409, 515, 516, 523, 527, 532, 553, 680, 684, 871–873, 950, 952, 1034, 1043, 1073, 1079, 1132–1134; 4/76, 538, 539, 617, 741, 813, 925, 1055, 1091, 1093, 1106, 1108, 1145, 1157, 1198; 5/13, 45, 87, 115, 124, 127, 133, 141, 264, 361, 722, 726, 740, 973, 1020, 1058
- силициды 3/872, 873
- сплавы 2/949; 3/42, 45, 305, 825, 873, 890, 1129; 4/565, 639, 640, 809
- сульфат 3/873
- фосфины 3/873
- халькогениды 3/872, 873; 4/618, 1024
- цианиды 5/703
- чернь 1/714, 990; 3/873
- Паля кольца 3/338
- Палыгорскит 3/837
- Пальмитаты 3/876
- Пальмитин 5/551
- Пальмитиновая кислота 3/876, 301–303, 325, 1089; 1/740, 863, 864, 1144; 2/15, 226, 303, 307, 643, 1215; 4/377, 378, 580, 744, 769, 770, 833, 903, 968, 990; 5/26, 551. См. также *Гексадекановая кислота*
- sl-1-Пальмитонил-2,3-дистеаронилглицерин 2/303
- Пальмовое масло 1/866; 2/657; 3/876; 4/377–380
- Пальмовый воск 1/827
- Пальмовый жир 2/303
- Пальморозовое масло 1/1024
- Пальмодровое масло 1/866; 2/616, 1151; 4/377–380
- Палостровая кислота 2/283; 4/740, 741, 977
- ПАН, индикатор 2/451, 452; 3/1044
- Панакур 4/225
- Пангамовая кислота 3/877; 1/750
- Пандамин 3/924
- Пандаминиин 3/924
- Пандермит 1/581; 2/583, 584
- Паникулатин 1/146
- Панкреатин 2/835
- Панкреатические липазы 1/1098; 2/304, 1184
- Панкреозинин 5/590
- Д-Пантамид 3/879
- Пантенол 3/880
- Пантетен 3/879
- Пантетин 1/1119; 3/877, 878; 4/1156
- Пантетиназа 3/879
- Пантогам 3/578
- Пантосевая кислота 3/877–879
- Н-Пантоил-3-аминопропанол 3/877
- 3-(Н-Пантоилиламино)пропионовая кислота 3/877
- Пантолактон 3/877, 879
- Пантосепт 5/558
- Д-Пантотенат-4'-фосфотрансфераза 3/879
- Пантотениловый спирт 3/877, 880
- Пантотеновая кислота 3/877, 878–880; 1/138, 139, 751, 956; 2/968, 1298; 5/583
- бис-(Н-Пантотеноил-2-аминоэтил)ди-сульфид 3/877, 878
- Пантотенол 3/877
- Пантоцид 1/338; 4/1203; 5/558
- Пантрипин 1/322
- Панхроматические фотоматериалы 2/37; 4/624, 625; 5/317
- Папаверин 3/880; 1/144, 988; 2/398, 399; 4/774, 1193; 5/143, 270
- Папаверрубины 4/398
- Палаин 3/880, 176, 881; 1/481, 482, 1098; 2/424, 425
- Палпри 2/232
- ПАР, индикатор 2/451; 3/1044
- Пара, см. *Орто, мета, пара*
- Парааминосалициловая кислота 1/263
- Парабановая кислота 2/412; 3/279; 5/84
- Парабутиральдегид 2/1297
- Параовород 1/776, 778, 835, 1194; 3/813
- Паравольфраматы 1/814, 818, 821–823
- Парагонит 4/723
- Парадеирий 2/23–25
- Параден 2/1101
- Параизобутиральдегид 2/1297
- Парахват 1/1032; 2/38, 53, 142
- Парахионовые кислоты 3/966; 5/792
- Паракумарат, метаболизм 3/613, 617, 618
- Параллельные реакции 2/753, 755, 877, 897, 898, 1034; 3/517; 4/149, 721; 5/106
- Параллельные эксперименты, см. *Метрология химического анализа*
- Паральдегид 1/424, 1142; 3/122, 813
- Парамагнетизм 3/881, 882
- Парамагнетики 3/881, 98, 167, 242, 347, 350, 477, 490, 545, 546, 634, 656, 658, 823, 872, 882, 969, 971, 1128, 1152, 1225; 1/207, 341, 407, 457, 673, 812, 935; 2/136, 230, 243, 254, 265, 270, 535, 544, 546, 561, 766, 830, 1111, 1147, 1201, 1231, 1232, 1234, 1237–1239, 1245, 1288, 1290, 1291, 1333; 4/191, 300–302, 464, 532, 563, 624, 711, 789, 874, 911, 979, 997, 1022, 1039, 1173; 5/102, 107, 163, 164, 594, 615, 868
- Парамагнитного зонда метод 4/790–793
- Параметр(ы)
- Димрота 2/942
- Мессис 1/45
- осаждения 4/282, 283
- порядка 2/1072–1074, 1111; 5/103, 104
- растворимости 2/833, 834; 4/355, 356, 368; 5/834

- состояния 3/882, 883; 2/312; 4/823, 1065, 1067, 1073, 1074; 5/98–104, 498. См. также отдельные параметры
- критические, см. *Критическое состояние*
 - уравнивания, см. *Уравнения состояния*
- Флори–Хатгинса 2/1264; 4/371
- Парамилон 2/1144
- Параоскон 2/470
- Паралериодаты 2/495
- Паралет 4/22
- Параоразинилон 2/80; 5/412
- Парастероидные гормоны 1/747
- Паратормон 3/883, 884
- Парателлуриг 4/1021
- Паратион 2/343, 470; 3/566
- Паратиреоидный гормон 1/1156; 3/883, 884
- Паратирин 3/883, 884
- Паратропные системы 1/378
- Парафен 5/585
- Парафенилендиамин 3/363
- Парафин 3/884, 159, 281, 347, 402, 446, 447, 454, 457, 636, 822, 995, 1125; 1/19, 52, 706, 826, 1000; 2/34, 35, 227, 312, 323, 601, 735, 901, 1044, 1182, 1267, 1318; 4/289, 651, 1013, 1103; 5/631, 693, 694, 781
- Парафиновые масла 3/326; 4/558
- Парафино-нафтенные углеводороды 2/678, 681; 3/458
- Парафини, см. *Насыщенные углеводороды*
- Параформ, см. *Параформальдегид*
- Параформальдегид 1/337, 534, 669, 1000; 2/118, 202, 251, 802; 3/690; 4/64, 800, 1264; 5/134–136, 221, 223, 566, 567, 700
- Парахлораль 5/556
- Парацельзиан 3/1192
- Парацетамол 1/297; 3/64
- Парацан 3/813; 5/699
- Парацаноген 1/1191
- Парациклофаны 3/333; 5/743, 744
- Парвальбумины 2/577
- Парел 4/203, 204
- Парижские краски
- зелень 1/383; 2/474, 1329
 - синяя 2/268
- Паризера–Парра–Попла метод 5/875
- Парилены 3/1262
- Паркеса метод 4/639
- «Паркетты» 2/714
- Паркрекинг 4/1059, 1060
- Парлифты 3/339
- Парлон Р 4/28
- Пармидин 3/884; 2/1215
- Парниковый эффект 3/853
- Паровоздушная газификация 1/877, 878
- Парогазовые дегазирющие смеси 2/9
- Парокислородная газификация 1/877–879
- Парокомпрессионные машины 5/597, 598
- Паромомин 1/246, 321
- Пароструйные насосы 3/342, 344
- Парофазные методы (процессы). См. также *Газофазные реакции, Реакции химические*
- анализ 3/884, 885
- аминирование 3/107; 5/978
- выращивание монокристаллов 3/255
- гидрирование 5/127, 723, 724
- гидролиз 4/393
- дегидрирование 5/222, 223
- каталитические, см. *Каталитические процессы*
- крекинг 4/1059, 1060
- нитрование 3/531, 557
- окисление 2/1272–1274; 3/116, 323, 860; 5/378, 379
- фотолиз 3/532, 533
- хлорирование 4/393; 5/11, 570
- Пароэжекторные машины 5/599
- Парра бомба 1/949
- Парра–Янга теория 4/420
- Партусистен 4/1194
- Парфюмерные масла 1/487
- Парциальные молярные величины 3/885, 883, 886, 887; 2/347, 667, 671, 672, 1317; 4/361–365, 372–374, 376, 1072; 5/331, 498, 803
- Пары
- ионные, см. *Ионные пары*
 - ион-радикальные, см. *Металлы органические*
 - куперовские 4/585
 - нуклеотидные в ДНК, длина 3/587
 - радикальные, см. *Радикальные пары*
 - радионуклидов 2/383
 - сольватно-разделенные 2/511
 - углеродные, см. *Фрикционные материалы*
 - электронно-позитронные 2/500, 501, 727
 - электронные 1/666, 1059, 1060; 2/905; 3/787; 4/585
 - элементарных частиц, рождение 5/931
- Пары
- водяной, см. *Водный пар*
 - давление, см. *Тензиометрия*
 - диаграммы состояния 1/923, 924; 2/57, 61, 62
 - кислот как ассоциирование газы 2/789
 - металлические, нуклеация 2/796
 - насыщенные 2/388
 - осаждение, см. *Десублимация*
 - травильных ванн 2/436
- ПАСК, кислота 1/263; 2/864; 4/241, 242, 569
- Пасконт 1/671
- Пассерини реакция 3/887; 2/373; 5/36
- Пассивация, см. *Пассивность металлов*
- Пассивность металлов 3/888, 15, 99, 695, 889–891, 1086, 1087; 1/315, 1208; 2/208, 209, 271, 320–323, 435, 436, 680, 947, 951, 952; 5/608, 908
- Пассивные методы
- дефектоскопия 2/48
 - эксперимент 3/640–644, 1106
- Пастера эффект 1/1136
- Пасты
- абразивные 4/575
 - герметизирующие 1/19, 1044, 1045
 - грубодисперсные 2/153
 - дозирование 2/217, 218
 - клеевые 2/284, 799–801, 804
 - зубные, см. *Зубные пасты и порошки*
 - Лассара 4/569
 - палладиевые 3/873
 - печатные 2/1093, 1094
 - пигментные 2/799, 1093; 3/1010, 1013
 - полимерные 2/356
 - сушка 4/960, 964
 - утемасляющие 1/1087–1089
 - хлорофиллокаротиновые 2/1166
 - чернильные 2/701; 3/834
- Патерно–Бюхи реакция 3/891, 892; 5/738
- Патина 2/1333
- Патронит 1/672, 674
- Патронные устройства 1/899; 5/189–194
- Паттерсона метод 4/883
- Паттинсона метод 4/639
- Патулин 3/152–155
- Паули В.
- матрицы 4/788
 - парамагнетизм 3/882
 - принцип 3/892, 288, 893, 959, 960; 1/405, 781, 1117; 2/719, 723, 904; 4/787, 789, 826, 995; 5/640
- Паули реакция 3/893; 1/475, 1123; 4/1170
- Паулика–Рота катализатор 4/500
- Пахикарпин 1/979; 2/1321; 5/524, 525
- Пахикураре 2/1105
- Пацил 4/219
- Пачулиевое масло 1/487; 5/1003, 1004
- Пашена–Бака эффект 2/329
- ПВХ, см. *Поливинилхлорид*
- ПДК, см. *Предельно допустимые концентрации*
- Певанил 4/228, 229
- Пеганин 5/520
- Пегматиты 3/970; 5/112
- Пелдерин 5/1045
- Педиклинин 3/1048
- Пелдукуларин 2/457
- Пек
- древесный 3/893, 894; 2/226; 4/771
 - каменноугольный 3/894, 895; 1/562, 1190, 1192; 2/592, 593, 595, 606; 5/47, 49, 50
 - нефтяной 4/1060; 5/47–50
 - талловый 2/1165; 4/977
 - электродный 2/593
- Пекарские дрожжи 2/571, 1278; 3/155, 470; 4/1229
- Пекле числа 2/1257, 1301; 3/1183; 4/282
- Пексовые продукты
- кокс 2/840, 594, 841; 3/894, 895; 5/43, 50
 - лак 3/894, 895
 - пластмассы 3/895
- Пектаты 3/896
- Пектеноотоксины 5/1048, 1049
- Пектиказы 1/554, 1127; 3/156
- Пектинаты 3/896
- Пектиновые вещества, см. *Пектины*
- Пектиностеразы 3/896
- Пектины 3/895, 615, 616, 896, 1088; 1/322; 2/1233; 4/35, 36, 38, 200, 978; 5/38, 39, 93
- Пектовые кислоты 3/896
- Пеларгонидин 1/347
- Пеларгоновая кислота 3/897, 659, 729; 1/64
- Пеларгоновый альдегид 3/577
- Пелентан 1/330
- Пельтье эффект 4/1067; 5/604
- Пемза 1/544; 2/13; 3/324, 646, 992; 4/651; 5/12
- Пенами 2/1134–1136
- Пенга–Робинсона уравнение 5/70
- Пендметалли 1/1027
- Пенетрация 1/729; 3/1123
- Л-Пенициллин 3/897; 4/220
- Пенициллиазы 2/1134
- Пенициллинамидаза 2/464; 5/160
- Пенициллиназилаза 2/1134
- Пенициллиновые антибиотики 1/555
- Пенициллины 1/71, 320; 2/6, 423, 464, 571, 1134, 1135; 3/385, 928, 1230; 4/634, 1118; 5/111, 150, 160, 698
- Пеницилловая кислота 1/195
- Пенлайм 3/1139
- Пенлайт 3/1251
- Пениклавин 5/967, 968
- Пенинига ионизация 2/529
- Пениные процессы
- гашение, см. *Пеногасители*
 - генерирование, см. *Пенообразователи, Пены*
 - и газонаполненные материалы, см. *Порообразователи*
 - пожаротушение 3/648, 1191; 4/990
- сепарация 3/897, 898–901, 922
- флотация 2/562, 1086; 3/858; 5/205, 206, 209–212
- Пеногасители 1/789, 867; 2/818, 860; 3/922, 993, 1089; 4/189, 700, 770; 5/980
- Пеноматериалы 2/154; 4/809. См. также *Пенообразователи, Пены*, индивидуальные представители и их группы
- бетоны 2/580; 3/921; 4/130
 - герметики 1/1045
 - карбиды 4/1041
 - керамика 1/1; 2/733
 - моющие средства 2/19; 3/284; 5/780, 974
 - полимерные, см. *Пенопласты*
 - резины 2/1150; 4/129, 130
 - стекло 2/422, 1028; 4/131–133, 835, 839, 1041; 5/996
- Пенообразователи 1/161, 565, 1105; 3/283, 284, 646, 648, 1089; 4/133, 134, 189, 576, 579, 580, 928, 929; 5/208
- Пенопласты 3/901, 202, 328, 743, 902–904, 1119–1122, 1215, 1249; 1/624, 1069; 2/837; 4/2, 133, 1041; 5/138, 549
- винилхлоридные, см. *Пенополивинилхлориды*
- вспенивающие агенты, см. *Порообразователи*
- интегральные 3/904, 328, 902, 905
- карбамидо-формальдегидные 2/619, 620; 3/282, 902
- на основе каучуков, см. *Пористая резина*
- огнезащита 3/646
- олефиновые, см. *Пенополиолефины*
- полнакрилаты 2/1192
- полипропилен 3/908
- полистирол, см. *Пенополистиролы*
- полиэтилен 3/907, 908; 4/82
- реактопластмассы, см. *Реактопласты*
- с твердой дисперсионной средой, см. *Пены*
- стирольные, см. *Пенополистиролы*
- сэндвич-конструкции 3/904, 905, 911
- термопластмассы, см. *Термопласты*
- уретановые, см. *Пенополиуретаны*
- феноло-альдегидные, см. *Пенофенопласты*
- Пенополивинилхлориды 3/905, 902, 906, 907, 1120
- Пенополиолефины 3/907, 902, 908; 2/1192
- Пенополистиролы 3/908, 902, 907, 909, 1120, 1267; 1/544, 1177; 4/40, 133, 333, 870
- Пенополиуретаны 3/909, 763, 902, 907, 908, 910, 1121; 1/1177; 2/185, 402, 838, 1192; 4/54–57, 1198; 5/288, 549
- Пенофенопласты 3/911, 743, 902, 912, 1121, 1177
- Пенроза узоры 2/714, 715
- Пенсилапин 2/400
- Пентаалкилфосфораны 5/292
- Пентаалкоксифосфораны 5/292, 293
- Пентаацетилпиктоза 4/699
- Пентабораны 1/589, 590; 3/576; 4/342
- Пентабораты 1/580, 581
- Пентаброматен 2/1180
- Пентагетерманевая кислота 1/1034
- Пентагидроборант 2/583
- Пентагидроксифлавоны 2/731; 3/272
- 2',3',4',4',6'-Пентагидроксикалон 2/973
- Пентадекановая кислота 1/863, 864
- Пентадеканоид 1/1061; 3/291, 292
- Пентадециловая кислота 1/863, 864
- Пентадециловый спирт 1/866

- Пента-м-дигаллоилглюкоза 4/978
 Пентадиены 2/99, 139; 3/1031, 1032; 5/712, 713
 Пентаза-1,4-диен 2/70
 «Пентазол» 1/233
 Пентазозин 1/296, 297
 Пентакарбонилжелезо 2/252, 273–276, 404, 641
 Пентакарбонил(транс-стильбен)вольфрама 1/823
 Пентакарбофосфораны 5/241, 278, 292, 293
 Пенталарм 3/653
 Пентален 1/377
 Пенталкильные комплексы переходных металлов 2/622
 Пентамедоктацнинид 2/481, 483
 Пентаметиларсоран 3/317
 Пентаметилдиэтилендиамин 2/123
 Пентаметилендиамин 2/81
 Пентаметилендиэтилендиоксид 3/1030
 Пентаметиленин 3/1029, 1030
 1,5-Пентаметилентетразол 4/1100
 Пентаметилолмеламин 3/35
 1,2,2,6,6-Пентаметилпиперидин 3/831, 832
 2,2,4,4,6-Пентаметил-2,3,4,5-тетрагидропиримидин 4/1256
 Пентаметилхлордисулан 3/799
 Пентамицин 2/975
 Пентаидиолы 1/428, 1133; 3/1032
 2,4-Пентаидон 1/428
 Пентаникельцианид 2/483
 Пентанитроанилин 1/991
 Пентановая кислота 1/667; 2/643, 644
 5-Пентаноид 2/1141, 1142
 Пентанолы 1/428; 2/11; 4/558; 5/656.
 См. также *Амиловые спирты*
 2-Пентанон 2/744
 Пентантиолы 3/653; 4/1136
 2,3,4-Пентаантрон 1/428
 Пентаны 3/912, 345, 441, 461, 462, 507, 726, 902; 1/233, 909, 912–914, 917, 927–930, 991, 1197; 2/365, 369, 907, 908, 912; 4/1078; 5/681, 785. См. также *Изопентаны*
 Пентаксидифторид 2/769
 Пентаорганорсоран 3/316
 Пентаорганофосфораны 2/716; 3/914; 5/292, 293
 Пентапептиды 3/765; 4/468; 5/518
 Пентапласт 3/913, 1120; 1/334, 502; 4/94
 Пентаплекс 4/841
 Пентасахариды 1/1139
 Пентасереброоктакадмид 2/483
 Пентасил 2/676
 Пентатриены 2/1103
 Пентафенилфосфор 3/913, 914
 Пентафенилфосфоран 3/913, 914; 5/292
 Пентафенилэтан 3/330
 Пентафталевые смолы 1/150; 5/787
 Пентафтор-2-азаропен 3/914
 Пентафторанилин 3/914, 915
 Пентафторбензол 3/916; 5/406
 Пентафторидэтан 3/981
 Пентафторгегерманат диоксигеиала 2/136
 Пентафторосиликаты 5/407
 Пентафторотеллуры 4/1020
 2,2,3,3,3-Пентафторпропанол 4/805
 1,1,3,3,3-Пентафторпропен 1/1085
 1,1,3,3,3-Пентафторпропилен 5/401
 1,1,3,3,3-Пентафтор-2-трифторметилпропен 3/982
 Пентафторфенилнитрен 5/442
 Пентафторфениловые эфиры 3/931, 1209
 Пентафторфенилуксусная кислота 4/66
 Пентафторфенол 3/915
 Пентафторхлорбензол 3/915, 916
 Пентафторхлорэтан 4/195
 Пентафторэтилгипофторит 5/399
 Пентахлор-2-азаропен 3/914
 Пентахлорбензол 1/995; 2/201
 Пентахлордифенил 4/172, 439
 Пентахлориодбензол 2/497
 Пентахлормеламин 1/452
 Пентахлорнитробензол 4/247; 5/417
 2,2,3,4,5-Пентахлор-2Н-пиррол 4/895
 Пентахлортеллуры 4/1020
 Пентахлортиофенол 1/995; 3/1115
 Пентахлорфениловые эфиры 3/931
 Пентахлорфенол 1/337, 1027; 2/38; 3/252; 5/587, 588
 Пентахлорэтан 3/986; 4/1106, 1192; 5/13
 Пентацен 5/647
 Пентацанонитрозилжелезо 3/534
 Пентацанонитрофенол 5/705
 Пентацано-1,3-циклопентадиеин 5/705
 Пентацислорфосфаты 5/249
 Пентаэритрит 3/916, 366, 646, 744, 917, 1165, 1166; 1/150, 199, 204, 424; 2/604, 880; 4/31, 172, 202, 698, 801, 802, 804; 5/73, 134, 222, 660
 дн-н трихлоргидрины 1/960
 дисульфид 3/916
 нитраты 1/280, 705; 3/507; 4/1103
 сульфат 4/1103
 тетра-β-меркаптопропионат 3/917
 тетрастеарат 3/917
 тетрагидрогликолят 3/917
 Пентаэтиленгексамин 4/86
 Пентеналь 5/1004
 4-Пентеновая кислота 4/499
 Пентены 3/917, 726, 737, 912, 913, 918, 1032; 1/233, 927; 2/11, 245, 312; 4/969
 Пентил 3/569
 Пентиламины 1/232; 2/180
 2-Пентилантрагидрохинон 1/780
 трет-Пентилбромид 4/425
 α-Пентилкоричный альдегид 2/251
 Пентилнитрит 3/519
 Пентилпропионат 4/207, 208
 1-Пентин 1/430
 Пентландит 3/472, 486, 823; 4/562, 1018
 Пентозаны 1/1006, 1092, 1102, 1103, 1111; 2/223
 Пентозилтрансферазы 1/1131
 Пентозный гидролиз 1/1101–1103
 Пентозный путь, см. *Пентозофосфатный цикл*
 Пентозоизомеразы 3/918
 Пентозофосфатный цикл 3/918, 469, 614–616, 621, 623, 625, 919–921; 1/1000, 1154; 4/1119, 1229, 1241
 Пентозы 1/1006, 1100–1103, 1154; 2/877; 3/263, 268–270, 614–616, 621–623; 4/1269
 Пентокан 2/123
 Пентоксил 2/1156
 Пентоксин 2/427
 Пентоксифиллин 4/771
 Пентолит 4/731, 1267
 Пентон 3/913
 Пентопираны Е 3/596
 Пентопираны 3/596
 D-Пентулозы 3/264
 Пены 3/921, 922, 1167; 2/46, 153, 860; 4/173. См. также *Пенные процессы*
 воздушно-механические 3/648
 гашение, см. *Пеносгасители*
 генерирование, см. *Пенообразование*
 тели, *Порообразователи*
 и мономолекулярный слой 3/261
 и черные пленки 5/776
 как искусственная пена 2/539
 капиллярные явления 2/611
 коалесценция 3/1172
 отверждающиеся 4/1042
 протнвопожарные 3/648, 1191; 4/990
 стабилизаторы 4/990
 тонкие пленки 4/1206, 1207
 устойчивость 4/345
 химические 3/648
 Пенка 1/800, 801; 2/992
 Пепломинин 1/571
 Пепсин 3/922, 199, 622, 923, 934; 1/471, 475, 558, 1098, 1219; 2/423, 476, 559, 760; 4/217, 430, 1170, 1247; 5/158, 517
 Пепсиноген 2/423
 Пепстатин 1/417; 2/695; 4/468; 5/518
 Пептидазы 2/476; 3/926
 Пептидгидролазы 1/1097
 Пептидилдипептидаза 1/1120
 Пептидил-РНК-рибосома 3/595
 Пептидилтрансфераза рибосомальная 3/596
 Пептидные алкалоиды 3/923, 924, 934; 1/143; 4/651, 652; 5/967, 969
 Пептидные антибиотики 3/924, 472, 809, 925–927, 934; 1/320; 2/34; 5/523
 Пептидные гормоны 1/50, 51, 559, 660, 661, 980–982, 1047, 1154, 1163, 1171–1173; 2/241; 3/36, 37, 712, 713, 929; 4/609, 757, 758; 5/590. См. также индивидуальные представители и их группы
 Пептидные связи 1/231, 471, 483, 840. См. также *Пептиды*
 Пептидный синтез 1/138, 231, 482, 994, 1151; 2/6, 629, 1176; 3/133, 915, 931–934; 4/1000–1002, 1136, 1170; 5/1, 36, 53, 197, 239
 Пептидогликаны 3/927, 928, 929; 1/321; 2/364, 1177; 4/1010, 1011, 1240; 5/38, 740
 Пептидолактоны 2/34, 35
 Пептидолипиды, см. *Липопептиды*
 Пептидолипиды NA 2/1195
 Пептиды 3/929, 535; 1/1097; 5/517, 518. См. также *Полипептиды*, индивидуальные представители алкалоидов, см. *Пептидные алкалоиды*
 амидоэфиры, см. *Депсипептиды*
 анализ 1/35, 252, 476–480; 2/1171
 антибиотиков, см. *Пептидные антибиотики*
 биологически активные 1/359; 2/361; 3/582, 931, 933, 934
 бледной поганки 3/711
 гидроксаминнокислотные, см. *Пептидолиды*
 гипотензивные 2/759, 760
 гликозильные, см. *Гликопептиды*
 гормонов, см. *Пептидные гормоны*
 дельта-сна 3/400
 как антигенные детерминанты 1/323
 как лиганды 2/1172
 как стимуляторы лейкопоэза 2/1155
 лейкотриенов 2/1157, 1158
 молекулярные модели 3/228
 номенклатура 3/929, 930
 олигомерные, см. *Олигопептиды*
 оплоидные 3/765, 133, 400, 766; 1/138; 4/516; 5/1040, 1041
 подсластители, см. *Аспартам*
 полипроизводные, см. *Белки, Полипептиды*
 получение, см. *Пептидный синтез*
 свойства 1/840, 952, 1218; 2/133; 3/930, 931, 934, 1205
 строение 2/635; 3/930
 Пептизация 1/1001; 2/339, 816, 1183; 3/283, 1173; 4/886; 5/203, 208, 247
 Пептидолиды 2/34, 35; 3/924, 930
 Пептины 1/471; 3/1115
 Пербензойная кислота 3/319
 Пербораты 3/979, 980; 4/699
 Перброматы 1/611, 613; 5/922
 Пербромил 3/577
 Пербромилфторид 1/613
 Пербуран N 1/629
 Первичные соединения (частицы) амины, см. *Амины первичные*
 ВВ, см. *Иницирующие взрывчатые вещества*
 газ и смола, см. *Полукоксование*
 ноны 2/499, 507, 508, 511, 512
 электроны 2/499, 501, 529, 702
 Первое начало термодинамики 3/935, 936; 1/761, 869; 4/825, 1028, 1066, 1085; 5/464, 955
 Пергалогеналкильные радикалы 5/261
 Пергалогенирование 3/938
 Пергалогенкарбонильные соединения 4/623. См. также *Хлораль*
 Пергалогенкарбоновые кислоты, амиды 2/764, 812
 Пергалогенфосфоновые кислоты 5/275
 Пергалогенирование 3/938
 Пергамин 1/563
 Пергидраты 3/974
 Пергидроантрацен 1/35
 Пергидроаценафтен 1/35
 Пергидро-1,4-оксазепины 3/680
 Пергидроксидциклоалканы 3/723
 Пергидроль 1/780; 4/285
 Пергидропента[а]феантрен 1/1129; 5/1044
 Пергидропиримидин 1/1061
 Пергидрофенантрен 1/35; 2/171; 3/378; 5/117
 Пергидрофлуорантен 5/212
 Пергидрофлуорен 5/213
 Пералкилирование 3/936, 61; 2/678; 4/905, 1258
 Переамидирование 3/686; 4/899
 Переаминирование 3/936, 622, 804, 810–812, 937, 938; 2/969; 5/783, 784
 Переацелирование 2/115, 121, 1190
 Переводная набивка 3/998
 Перевулканизация каучука 1/844, 845
 Пергидразинирование 1/1073
 Перегонка 5/996. См. также *Дистилляция*
 в неорганическом синтезе 3/420
 в пористых «кипятыльниках» 2/318
 вакуумная макута 2/169
 воды 2/159–165
 древесных смолы и угля 3/893, 894, 1054
 изотермическая 2/153, 155, 816; 3/217, 829, 1172
 как метод концентрирования 2/916
 каменноугольной смолы 3/894, 895
 растворителей 4/360
 с водяным паром 5/1005
 степень 2/293
 сухая древесина 3/785, 1059–1061
 Перегруппировки(а)
 аллильная, см. *Аллильная перегруппировка*
 Амадори 1/221, 222, 1129
 амидиновая 2/123
 аниотропные, см. *Аниотропные перегруппировки*
 Арбузова, см. *Арбузова реакция*
 ацилоновая 1/444, 445; 4/610
 Байера-Виллигера 1/450; 2/647, 745, 1144; 3/700; 4/610
 Бартона 1/464, 465; 3/518, 535
 Бекмана 1/469, 231, 253, 254; 2/615, 1138, 1213; 3/515, 702; 4/610, 855; 5/725
 Бекмана–Чепмена 1/469
 безизопропановая 1/490, 1073; 4/664
 безизоловая 1/494; 2/104, 621
 Вагнера–Мервейна, см. *Вагнера–Мервейна перегруппировки*
 Виллаха 1/669, 84, 272
 Вернера 1/469
 Виттига 5/905

- внутримолекулярные, см. *Внутри-молекулярные реакции*
 Вольфа 1/810, 370, 758, 811; 2/69, 623, 741; 4/610
 Вольфа-Шрётера 1/810, 811
 вырожденные 3/938
 галогенидированная 1/960
 гидроксид-превращение Коупа 2/965, 966
 Гофмана 1/230, 469, 1179; 2/83, 405, 416, 1213; 3/1029, 1030; 4/610; 5/380, 785
 Гофмана-Лёфлера 1/1181
 Демьянова 2/33, 17; 1/142, 143, 270, 659; 3/939; 4/610, 1190; 5/714
 Димрота 2/123, 124
 Зюса 1/810
 имид-амидная 2/414, 415
 имид-имидная 2/415
 камфеновые 2/598, 599, 600; 1/659; 3/580, 581; 4/1092
 Канинцаро 2/604
 катионотропные 3/938, 939; 4/991
 Клайзена 2/786, 787; 1/185, 199, 717; 5/60, 905, 1008
 кольчато-кольчатые 4/993
 Коста-Сантаулини 2/963, 964; 5/197
 Коупа 2/965, 786, 966, 1253; 1/143, 185, 243, 620; 4/664, 993, 1215, 1216; 5/197
 Курциуса, см. *Курциуса реакция*
 Ладеибурга 2/1113
 Лоссена, см. *Лоссена реакция*
 Майзенхаймера 2/1251, 1252; 1/243; 4/867
 Мак-Лафферти 2/1252; 5/364
 Мейера-Шюстера 3/33; 4/562
 молекулярные, см. *Молекулярные перегруппировки*
 Наметкина 2/599, 600
 нуклеофильные, см. *Нуклеофильные реакции*
 Ньюмена-Кворта 3/606, 607; 4/1131, 1143, 1160
 Ортона 3/814, 815
 пинаколиновая и ретропинаколиновая 3/1023, 939, 1024–1026; 1/659, 1134; 2/171; 4/610
 политопальные 4/46–49
 политопные 4/46, 47–49, 256, 257, 1215; 2/907, 925; 3/392, 393, 1036
 Половоаского 4/100
 полубезидиновая 1/491
 прототропная 1/181, 746
 Пуммерера 4/272, 273, 925
 Рамберга-Бэкунда 4/343
 «ретроарбузоаская» 3/316
 ретроиницидированная 4/511
 ретропрототропная 2/1103
 Руле 4/561, 562, 610
 секстетные 4/610; 1/659
 семидиновая 1/491, 1073
 сигматропные, см. *Сигматропные перегруппировки*
 скелетные 1/1073; 3/580, 581
 Смайла 4/728, 729, 933; 2/534; 3/555
 Соммле 4/913
 Стивенса 4/866, 867, 913; 1/237, 279; 2/621; 5/905
 термические 2/1106
 тиран-титановая 3/733
 тиюн-тиольная 4/1143, 1131, 1160–1162; 1/961; 3/607, 608, 1090, 1091; 5/311
 Трюса 4/729
 Фаворского 1/941; 2/621; 4/1255; 5/95–97
 Фишера-Хеппа 5/199, 200; 3/534, 536
 фосфонат-фосфатная 5/274, 275, 311; 3/714
 фотохимические 1/464, 465; 3/1049; 5/353, 354
 Фриса, см. *Фриса перегруппировка*
 Хайнса 1/222
 Чепмена 2/419; 5/775
 Шейберга 3/606; 4/1152
 Шмидта, см. *Шмидта реакция*
 Штиглица 2/421; 5/791, 792
 электрофильные 2/415; 3/938, 939
 электроциклические 3/939
 Передача
 линейная энергии ионизирующего излучения 4/295, 296
 цепи 2/1267; 3/1266; 4/305–308
 Пережиривающие вещества 5/780
 Перезарядки реакции 2/508, 509, 531
 Перелидирование 2/410, 411; 3/540
 Перекиси(и). См. также *Пероксидные соединения*
 ацетила 1/427, 428
 бензона 1/505, 506
 трет-бутила 1/650, 651
 водорода, см. *Водорода пероксид*
 и теория окисления 2/756
 Переконденсация 2/153
 Перекрестные реакции
 альдольная конденсация 1/203
 Канинцаро 2/603; 5/222
 Клайзена 2/784, 785
 Кольбе 2/863
 Тищенко 4/1191
 Перекрестные явления
 термодиффузия 4/1067
 термоэлектричество 4/1067
 электрокинетические 4/1067; 5/847–850
 эффект Дюфура 4/831, 1067
 Перекристаллизация 1/1109, 1110; 3/420, 819; 4/360, 951
 зонная, см. *Зонная плазма*
 многократная 2/1044–1046
 экстрактивная 2/1044
 Перемешно-токовая вольтамперометрия 1/809
 Переметаллирование 2/777, 1204; 3/9, 72, 350; 4/552–554, 641
 Перемещение 3/940, 941–945; 1/1105, 1106; 2/146
 в звуковых полях 5/62
 и биосинтез 5/718
 и коагуляция 2/816, 817
 и коррозионные испытания 2/951, 952
 и масштабирование 2/1320
 и метод трассера 4/1245, 1246
 и процессы кристаллизации 2/1048
 – мембранные 3/38, 39
 – переноса 2/1299, 1307; 3/947, 948
 и структура потоков в аппаратах 4/881
 и экстрагирование 5/823
 идеальное, модель 4/881
 интенсификация 2/491
 обратное 3/39
 продольное 3/39, 948, 1184, 1185; 4/881, 1245; 5/31
 путь, теория 3/947
 суспензий 2/491
 турбулентное 5/30
 Перемещение сыпучих материалов, см. *Пневмо- и гидротранспорт*
 Переаппаратирование, см. *Поларизация*
 Перенилтрилирование 3/945, 513, 946
 Перенос
 адсорбционных центров 2/692, 693
 зарядов 3/17, 19, 224, 225; 5/745
 ионов, числа 2/194, 864
 липидов, см. *Липидпереносные белки*
 массы, энергии и импульса, см. *Переноса процессы, Электроперенос, Энергия*
 молекулярный 2/153, 155, 164
 протонов и электронов 1/548; 4/247; 5/368, 770, 772. См. также *Одноэлектронный перенос, Протонирование, Фотоперенос, Электроны*
 числа, см. *Электропроводность электролитов*
 Переноса процессы 3/946, 947–949; 5/169, 170, 178
 балансовые уравнения 4/995, 1065, 1066, 1069
 в жидкостях 2/299, 301
 в электрическом поле, см. *Электромиграционные методы, Электроперенос*
 и метод трассера 4/1244–1246
 и оствальдово созревание 2/319
 и структура потоков 4/881, 882, 1065–1070
 и теория столкновений 4/870
 кинетика 2/1254–1261; 4/829–832; 5/910, 911
 массообменные, см. *Диффузия, Массообмен*
 необратимые 4/1073
 теплообмен 4/1043, 1044
 турбулентные 5/30, 31
 экстрагирование 5/820
 Переохлаждение 2/299; 4/1058, 1063
 Переплавления металлов 1/315
 Пересилилирование 4/682
 Перестановочно-инверсионная группа симметрии 3/393; 4/688, 689, 691
 Перестраиваемые лазеры 2/1120, 1121, 1125, 1311
 Переходное состояние 1/199, 375; 2/688; 3/258, 602, 963–965, 1176–1178; 4/418–426, 680; 5/450, 642, 737, 779. См. также *Активированного комплекса теория, Интермедиаты*
 Переходные металлы 2/362; 3/96, 787, 949, 950, 955, 957, 958
 как микроэлементы 1/1150
 как парамагнетики 2/1232; 3/98, 882
 люминесценция 2/1219
 комплексы, см. *Комплексы переходных металлов*
 пассивация 3/888–890
 соединения. См. также индивидуальные представители и их группы
 – как полупроводники 4/107
 – как фазы внедрения 3/75, 76
 – кластерные 1/379; 2/792–797
 – координационные полимеры 2/923, 924
 – электроны 2/479, 483, 484
 четверные связи 2/984. См. также *Химическая связь*
 Переходные элементы 3/949, 96, 412, 950; 5/936. См. также *Переходные металлы*
 Переходы
 квантовые, см. *Квантовые переходы*
 конформационные 2/906, 907, 913
 полиморфные 1/1215; 4/23, 24
 релаксационные 1/873
 типов р-л в полупроводниках 4/104, 105, 113, 114, 117
 Перещипывание 3/945, 946
 Перезатерификация 2/304, 406, 420, 639, 889, 1022, 1191; 3/115, 506, 686, 1221, 1253, 1257; 4/922, 1163; 5/6, 7, 13, 266, 268, 668, 1010, 1011
 Пери... 3/950
 Пери кислоты 3/382
 Перидоксами 1/741, 742
 Перидоксол 1/741
 Перидотиты 4/561
 Периклаз 2/1248; 3/650
 Перилел 3/950, 894; 4/108; 5/444, 647, 649, 650
 Периленовые пигменты 3/1016
 Перилсульфокислоты 3/950
 Перилтетракарбонная кислота 3/950, 371, 951, 953, 1016, 1017; 2/1096
 Перилел-3,10-хион 3/950
 Перилловое масло 4/377–380
 Перимидии 3/951, 952, 953
 Перимидиноны 3/952
 Периноновые красители 3/953, 954, 1016; 2/700, 981; 4/18, 76
 Период(ы)
 индукции 3/954; 2/432, 754; 5/685
 полуобмена, см. *Изотопный обмен*
 полураспада радионуклидов 2/383–385; 4/316, 317, 321–324, 331, 335, 1241
 термализации 4/829
 Периодатное окисление 2/1173; 3/599, 749, 791; 4/37, 642. См. также *Малапрада реакция*
 Периодаты 1/265; 2/1173, 1286; 3/549. См. также *Периодатное окисление*
 Периодиды 2/1103
 Периодил 3/577
 Периодическая система химических элементов 3/955, 956–963; 1/403, 406; 5/508, 935
 граница Цинтия 4/102
 закона, см. *Периодический закон Менделеева*
 и полупроводники 4/106–108
 и принцип Паули 3/893
 и химическая номенклатура 3/575
 Периодические колоидные структуры 2/153, 332; 4/885
 Периодические процессы, см. *Непрерывные и периодические процессы*
 Периодический закон Менделеева 3/963, 412, 413, 955; 5/508
 Перистон Н 2/1078
 Перитеттики 2/59–61; 4/357, 1003, 1004; 5/16, 101
 Перитеттидные превращения 2/60; 4/1004; 5/100
 Перитеттичные реакции 3/963, 964, 965; 1/841–843; 2/100; 4/664, 743
 внутримолекулярные 2/787
 «концертные», см. *Согласованные реакции*
 иапправление 2/129; 3/788; 4/417. См. также *Вудворда-Хофмана правила*
 перегруппировка(и) Клайзена 2/787
 – Коупа 2/966
 – сигматропные, см. *Сигматропные перегруппировки*
 – сопряженных систем, см. *Электроциклические реакции*
 термические 1/379
 циклораспад, см. *Диеновый синтез*
 Циклоприсоединение
 элиминирование 5/939
 Перкина реакция 3/965, 966; 1/197, 299, 487; 2/621, 647, 888, 936; 5/66, 434, 586
 Перкислоты 3/975
 Перкова реакция 3/966, 967; 1/361, 941; 4/68, 1264; 5/256, 260, 266, 279, 310
 Перколяционные процессы
 выщелачивание 1/868
 гидролиз 1/1101–1103
 очистка 3/967, 443, 884, 968, 969; 1/52
 экстрагирование 5/822
 Перкеноаты 2/1088; 3/414, 575
 Перкеноаты 2/1088
 Перкус-Иевики приближение 4/829
 Перлит 1/544; 2/255–257, 259; 3/646, 992, 1001, 1201; 4/673, 1041, 1042; 5/186
 Перлон 3/1250, 1251

- «Перлы» 2/709
Пермаллои 2/1241; 3/483
Перманганатометрия 3/969; 2/569, 915, 1180, 1277, 1294; 4/945, 1189.
См. также *Перманганаты*
Перманганаты 2/1277, 1278, 1287. См. также *Калия перманганат, Перманганатометрия*
Перманентная аллильная перегруппировка 1/178, 182, 185
Пермеат 1/798; 3/38–44
Пермеидиоры 2/827, 1241, 1243
Перметрии 2/474, 623; 3/1041, 1042
Перминвары 2/1241; 3/483
Пермутиты 1/1035; 2/504
Перосакит(ы) 3/969, 147, 489, 970; 2/672; 4/284, 434, 438, 585, 586, 602, 985, 1172, 1183, 1184; 5/163, 391, 633, 761
Пероксиазотная кислота 3/978
эфиры, см. *Пероксинитраты*
Пероксидазы 3/970, 697; 2/1233; 5/148, 149, 151, 202
Пероксидкарбонаты 3/975, 976
Пероксидно-оксальная хемилуоцинеция 5/444
Пероксидные соединения. См. также *Перекиси*
неорганические 3/970, 359–361, 971–975; 1/779; 2/464, 767, 783; 5/654
– гидропероксиды 3/971, 973, 974
– диоксигенильные 2/136, 137, 767, 769; 3/575, 872, 971
– номенклатура 3/576
– озониды 3/658, 575, 576, 657, 659, 698, 739, 971, 973; 2/139, 767
– пероксиды 1/549, 1134, 1153, 1218; 2/103, 139, 140, 466, 467, 556, 706, 767, 768; 3/98, 662, 698, 971–973, 975, 1075; 4/546, 699; 5/446. См. также *Водорода пероксид*, соединения других элементов
– супероксидные, см. *Супероксиды*
органические 3/975; 5/279, 571, 683, 757, 950, 951
– аскариндол 1/393; 3/975
– гидропероксиды 1/643, 650; 2/554, 1101, 1102, 1203; 3/380, 659, 660, 907, 975–980; 4/814, 815, 817, 869, 907
– озониды, см. *Озонирование*
– пероксиды 1/18, 31, 180, 371, 427, 428, 505, 506, 599, 634, 647, 847, 948, 953, 1108, 1205; 2/100, 135, 170, 209, 214, 377, 403, 464, 466, 467, 767; 3/79, 114, 128, 511, 659, 660, 729, 738, 739, 762, 796, 838, 907, 975–978, 1196, 1233; 4/32, 174, 202, 203, 301, 305, 445, 594, 624, 699, 741, 840; 5/85, 86, 121
Пероксикислоты 1/197, 424; 2/170; 3/319, 323, 324, 796, 975, 977–979; 4/924. См. также *Надкислоты*
Пероксильные радикалы 2/432, 433; 5/445
Пероксинитраты 3/978, 975, 979
Пероксисульфурилфторид 4/1104
Пероксифторуксусная кислота 5/8
Пероксидэфиры 1/643; 3/975–979
Пероксиантарная кислота 5/1058
Пероксозотная кислота 3/974
Пероксоболаты 3/979, 974, 980; 1/581; 4/699, 700
Пероксодигидраты 3/974
Пероксокислоты 2/170, 783; 3/971, 974; 4/632, 644
Пероксолиганды 3/971, 975
Пероксометаллаты 1/822, 1034, 1035; 3/489, 494, 495; 4/985
Пероксония соли 3/577, 971, 974
Пероксопирофосфорная кислота 5/288
Пероксополифосфаты 3/974
Пероксосерные кислоты 2/783, 974; 4/632, 644; 5/901, 902
Пероксосольваты 3/971–974, 979, 980
Пероксосульфаты 2/176, 464, 465, 1138; 3/969, 1233; 5/794, 902, 922, 942
Пероксофосфаты 5/292
Пероксофосфорная кислота 5/288, 292
Пероксохроматы 5/631
Перопал 1/107
Перосматы 3/824, 825
Перренаты 4/469
Перреноаские черные пленки 5/776
Перрье модификация 5/369
Персидский шпат 1/457
Персиковое масло 4/377–381
Персистентная длина, см. *Макромолекулы*
Персистентность пестицидов 3/995
«Персоль» 3/284, 359, 360
Персульфаты, см. *Пероксосульфаты*
Пертриформетилкубан 3/332
Пертриформетилпризма 3/332
Перуанский бальзам 1/454, 495, 510; 2/936, 937, 1101; 3/432
Перувиол 3/431, 432
Перуранаты 5/83
Перфокарты 1/622, 624
Перфоленты 1/622–624
Перфторалкановые кислоты 5/394, 395
Перфторалкансульфокислоты 3/980, 981; 5/394, 395
Перфторалканы 5/404. См. также *Фторуглероды*
Перфторалкиларсины 3/315; 4/1270
Перфторалкилвиниловые эфиры 3/984; 5/403, 404
Перфторалкилтриазининовые каучуки 5/398
Перфторалкилиодиды 3/981, 9, 982
Перфторалкилодифосфины 1/964, 965
Перфторалкилтриозосоединения 3/539, 541
2,5-бис-(Перфторалкил)-1,3,4-оксидазолы 3/675
Перфторалкилперхлораты 3/989
Перфторалкилполиэфиры 2/961; 4/698
Перфторалкилсульфокислоты 5/399
Перфторалкилцианиды 3/514
Перфторалкильные радикалы 5/265
Перфторалкоксифосфазены 4/65
Перфторацион 1/991, 992
Перфторацилсульфаты 4/906
Перфторбромалканы 1/714; 4/1104
Перфторбутадие 2/192; 3/985
Перфторбутан 5/409
Перфтор-трет-бутанол 3/983
Перфторбутилтетрагидрофуран 2/766
Перфторвиниловые эфиры 5/554
Перфторгексан 5/409
Перфторгептан 5/409
Перфторгуанидин 2/69
Перфтордекалин 3/981, 982; 2/766; 4/69
Перфтордекановая кислота 5/394
Перфтордиалкилдисульфиды 4/1104
Перфтордиаминометан 2/69
Перфтор-1,3-дикетон 5/404
Перфтордиметилциклобутаны 1/995
Перфтордиметилэтиламины 1/273
Перфтордиэтилпропиламины 1/273
Перфтор-трет-бутилгидроксиды 3/983
Перфторизобутан 5/409
Перфторизобутилен 3/982, 914, 983, 985; 1/992, 1085; 5/405
Перфториоалканы 1/714; 4/1104; 5/265
Перфторкарбоновые кислоты 3/982, 981, 983, 1164; 1/956; 5/9, 10, 395, 397
Перфторкетон 1/992, 993; 3/985; 4/68, 69, 170; 5/36
Перфтормалоновая кислота 3/982
Перфтормасляная кислота 3/982
Перфторметакриловая кислота, эфиры 1/1085
Перфторметан 5/409, 548–550
Перфторметилвиниловый эфир 5/397
Перфтор-1-метилдекалин 2/766
Перфторметилдиэтиламины 1/273
Перфторметилоксидан 1/995
Перфторнитроизобутан 3/983
Перфторноановая кислота 5/395
Перфтороксиды 3/983. См. также *Перфторолефины окиси*
Перфтороктан 5/409
Перфтороктановая кислота 3/982; 5/394
Перфторолефины 1/361, 994, 995; 3/476, 914, 981; 5/394, 401, 409
окиси 3/983, 984; 1/995; 4/68; 5/405
сополимеры 3/984
Перфторполиэфиры 5/395
Перфторпропан 5/409
Перфторполиэфиркарбоновые кислоты 5/394, 395
Перфторполиэфирные каучуки 5/398
Перфторполиэфиры 3/984, 1126; 1/995; 4/1103
Перфторпропан 5/409, 549, 550
Перфторпропилен 1/994, 995
Перфторпропионилхлорид 1/995
Перфторпропионовая кислота 3/982; 4/1104
Перфтор-β-сультоны 4/896
Перфторсульфоацетаты 3/1164
Перфторсульфокислоты 5/395
Перфтортиоацетон 4/1133
Перфтортриаминиометан 2/69
Перфтортрибутиламин 1/273
Перфтортригексиламин 1/273
Перфтортриметиламины 1/273
Перфтортрипропиламины 1/273
Перфтортриэтиламины 1/273
Перфторуглеводороды 5/409. См. также *Фторуглероды*
Перфторутеролы 3/1125, 1126; 4/366; 5/949
Перфторфенолаты 3/984
Перфторфосфонаты 3/1164
Перфторхлорутеролы 3/1126
Перфторциклоалканы 1/816; 3/982, 985, 986; 4/69, 1104
Перфторциклобутан 3/985, 982; 4/69, 1104; 5/548–550
Перфторциклобутанол 4/804
Перфторциклобутанол 3/985
Перфторциклобутен 3/985, 986
(Перфтор-1-циклобутенил)триэтоксифторфосфоран 2/716
Перфторциклогексан 4/69
Перфторциклопентан 1/816; 4/69
Перфторциклопропан 4/69
Перфторэпокси 5/405
Перфторэтан 5/409
Перфторэтилдипропиламины 1/273
Перфторэтилен 4/1103
Перфторэтилциклогексансульфонат 5/395
Перфторэфиры 5/405
Перфторянтарная кислота 2/1272; 3/982
Перхлоратометаллаты 3/360, 990
Перхлораты 3/986, 40, 113, 360, 987–991, 1038, 1075, 1076; 1/608; 2/466, 467, 522; 4/482, 1100; 5/551, 553, 555, 559, 560, 636, 864, 922. См. также соединения отдельных элементов
Перхлорбензол 1/995
Перхлорвиниловые лаки 3/991, 992, 1235; 2/1132, 1133
Перхлорвиниловые смолы 3/991, 1139, 1140, 1235, 1236; 5/787
Перхлорил 3/577
Перхлорилгипохлорит 1/1122
Перхлорметилмеркаптан 4/1139
Перхлортриарилметильные радикалы 4/1254
Перхлоруглероды 3/1125
Перхлорилхлорид 1/997
Перхлорэтан 1/998
Перхлорэтилен 2/998; 3/685; 4/194, 197, 359, 1106
Пески (песчанники) 1/563; 2/327, 328, 1027; 4/1039; 5/776
битуминозные 1/562, 205, 564; 2/169; 3/278, 452
глауконитовые 1/1021
кварцевые 1/544, 871; 2/776, 1027; 3/1264; 4/674, 834, 838, 842; 5/143, 865
золотоносные 2/336
нефтяные, выжигание 1/1171
Пестицидные препараты 3/992, 993; 1/657, 1025; 2/468; 4/247; 5/416. См. также *Пестициды*
Пестициды 3/994, 848, 850, 856, 995; 5/133, 150, 151, 415, 422
акарициды 1/106, 107, 108; 2/186, 468, 469, 471–473, 1080; 3/563, 763, 994; 4/739, 1132; 5/418
альциды 1/193, 1025; 3/994; 5/418
антифиданты 1/341, 342; 3/994; 4/494; 5/421, 529
аттрактанты 1/415, 416; 2/378; 3/994; 4/539
бактерициды, см. *Бактерициды*
гербициды, см. *Гербициды*
десиканты 2/37, 38, 54; 1/1032; 3/366, 994; 4/429
дефолианты, см. *Дефолианты*
зооциды 2/341, 342, 343; 1/463; 3/388, 994; 4/494, 541; 5/257, 258, 748
инсектициды, см. *Инсектициды*
как антисептики, см. *Антисептические средства*
моллюскоциды 3/252, 994; 2/473; 4/247
нематоды 3/405, 994; 2/472, 473
регуляторы роста, см. *Регуляторы роста растений*
репелленты 4/494, 247, 495; 1/341, 657, 990; 2/122, 284, 473, 601, 1298; 3/999; 5/130, 377, 587
товарные формы, см. *Пестицидные препараты*
феромоны, см. *Феромоны*
фумиганты, см. *Фумиганты*
фунгициды, см. *Фунгициды*
хемостерилизаторы 5/449, 305, 1014; 3/994
Петалит 2/733, 1201
Петтигеновое масло 4/1094
Петлевые сушилки 4/960
Петри чашки 3/818, 1124, 1254
Петрова контакт 1/862; 2/304; 4/928; 5/134
Петрозелиновая кислота 4/378
Петрозин 3/444
Петролатум 3/995, 996, 1125; 1/826; 2/103, 312, 601, 900, 901, 1320; 4/173, 725, 726; 5/693
Петролейный эфир 3/996, 32, 248, 466, 567, 712, 719, 908, 1040; 1/52, 998; 2/1202, 1276; 4/1114; 5/221, 533, 785, 1005
Петролены 2/1276
Петроситаллы 4/708
Петротен 4/80–82
Петрохимия 3/996, 997
Петрурическое сырье 2/776
Петрянова фильтры 1/899; 4/222
Петцит 2/334
Пектоксидан 4/231
Печатание тканей 3/997, 365, 690, 998; 1/114, 139; 2/149, 152, 776, 990,

- 1093, 1095, 1097; 4/893, 943, 947, 1129, 1130; 5/535, 700
- Печатные краски 2/776, 997, 1096
- Печатные платы 1/975
- Печать, см. *Печатание тканей*
- Печи 3/998, 999–1009, 1063–1065; 1/191, 1105; 4/632, 633, 1174; 5/515, 703
- вагранки 2/263
- вращающиеся 3/999, 1001, 1002, 1009; 4/632; 5/749
- Вудрифта 1/409, 410
- для огневого обезвреживания 3/862
- для стандартного пожара 3/647
- доменные 2/256, 263
- индукционные 5/81
- испарители 2/1315
- камерные 4/632
- коксование 2/841
- муфельные 4/755
- пироллизеры 3/1067
- пирометаллургические 3/1070
- плавильные 4/592, 593
- пламенными отражательными 2/264
- полочные 3/999
- пудлинговые 2/264
- ретортные 3/1060; 5/749
- сопротивления 3/999, 1129
- стекловаренные 3/1130; 4/834
- трубчатые 1/408, 409, 728, 1176; 2/167, 168, 592, 843; 3/999–1009, 1063–1065; 4/1059, 1060
- шахтные 4/981
- электрические 2/256, 258, 264; 3/999, 1001, 1002, 1008, 1009; 4/593, 839, 1174; 5/515
- щелевые конвейерные 1/1125
- электрические 2/256, 258, 264
- ямные 3/999
- «Печное» масло 2/93
- Печные топлива 2/1005; 5/41
- ПЖК-метод 3/255
- ПИ, каучуки 2/375–378
- Пиаселесол 1/525, 526
- Пиастикол 1/526
- Пивалаты 1/668
- Пивалиновая кислота 1/667, 668, 971; 2/643, 644; 3/932
- 2-Пивалоил-1,3-индандион 2/439
- Пивалоилхлорид 1/668
- Пивалоильная группа 2/325, 326
- Пивные дрожжи 2/81; 3/470; 5/39, 44
- Пигмазолн 2/990
- Пигментирование 3/1010
- Пигменты 3/1009, 1010–1018; 2/354
- белые 2/355, 1289; 3/1011–1013, 1089. См. также *Белла, Литопон*
- выпускные формы 1/774; 2/990, 992, 1001, 1002
- для керамики 3/480; 4/944
- для лакокрасочных материалов 1/209, 789, 865, 1207, 1208; 2/799, 821, 982, 990, 1228, 1296; 3/474, 1140; 4/51, 673, 875, 1115.
- См. также *Основные лаки*
- железооксидные 2/273, 253, 265, 269, 274, 330, 990, 994, 996, 997, 1003, 1015; 3/991, 1011, 1016; 4/51, 673; 5/563. См. также *Охры*
- желтые 1/458, 463; 2/273, 274, 330; 4/944. См. также *Кроны*
- желчные 2/278, 279, 280, 975; 4/147
- зеленые, см. *Зелени*
- зрительный, см. *Родопсин*
- как светостабилизаторы 4/588
- как смазки 3/1125; 4/1007
- керновые 2/1079
- красные 2/1003; 3/1011, 1012. См. также *Гемоглобин, Железный сурик, Мумия*
- макротетрациклические 2/1253, 1254. См. также *Порфирины, Хлорофиллы*
- неорганические 2/268, 269, 994, 997, 1009–1013, 1015, 1078, 1079, 1209, 1210, 1278; 3/410, 991; 5/616, 619, 631–633
- оболочковые 2/1079
- оранжевые 3/1011, 1012
- органические 1/113, 470; 2/440–442, 603, 974–976, 978, 979, 990, 993, 994, 996, 997, 1015, 1128; 3/523, 676, 677, 953, 1009–1015, 1079, 1204; 4/72, 73, 75, 1269; 5/67, 213, 382, 383, 444, 535, 536.
- См. также *Каротиноиды*
- «плейт-аут» 2/997
- растительных масел 4/378, 381. См. также *Флавоноиды*
- розовый Ж 2/1003
- светлопочные 1/367
- серые 1/209; 3/1011, 1012. См. также *Железная слюдка, Цинковая пыль*
- синие 2/440, 996, 1003, 1011, 1012. См. также *Железная лазурь, Ультрамарин*
- флуоресцентные 5/444
- цветов и плодов 1/557
- черные 1/307; 2/980; 3/1011, 1012. См. также *Меланины, Технический уголерод*
- чисто-голубой 2/997
- Пикелевание 2/18, 836
- Пиккумарон 2/1101
- Пикларм 1/1029
- Пикнометры 3/1146–1148; 4/131
- Пиковая хроматография 3/818
- Пиколиновая кислота 3/1018, 1019; 1/250, 1026, 1029; 2/142, 1215; 5/440
- Пиколлины 3/1019, 110, 487, 814, 1018, 1020; 1/119, 194, 1087; 2/22, 371, 591, 858, 1029
- Пикотит 5/788
- Пикраид, диазопроизводные 3/27
- Пикраминная кислота 3/519; 4/1267, 1268
- Пикраты 3/1020, 116, 117, 1021, 1035, 1043; 1/1072, 1210; 2/183, 466, 635; 4/1268
- 2,6-бис-(Пикриламино)-3,5-динитропирридин 4/1082
- 2,4,6-трис-(Пикриламино)-1,3,5-триазин 4/1082
- Пикрил(1-фенилэтил)амины 4/392
- Пикрилхлорид 1/1075; 3/562; 4/1267
- Пикриновая кислота 1/104, 105, 251, 362, 418, 520; 2/133, 618, 976, 1176; 3/34, 116, 519, 542, 554, 562, 572, 950, 1020, 1021, 1039; 4/273, 488, 1026, 1211; 5/21, 132, 139, 213, 518, 523, 558, 570, 988. См. также *Тринитрофенол*
- Пикролоновая кислота 1/534; 2/580; 3/1035
- Пикротоксинин 5/1055
- Пикте–Гамса реакция 1/568
- Пикте–Шпенгера реакция 3/1021, 1022, 1023; 2/398, 636
- Пиллинг 4/90
- Пилокарпин 3/1023; 1/415; 2/415; 5/593
- Пилотные установки 4/1027
- Пилоцереин 2/399, 400
- Пимантрен 4/741
- Пимарадиен 2/284
- Пимаринол 2/284
- Пимаровая кислота 2/283; 4/977
- Пимарин 3/1088
- Пимелиновая кислота 2/107, 108; 4/568; 5/22
- Пимозид 3/398, 399
- Пиниринин 3/679
- Пинаколиновые эфиры 2/341
- Пинаколиновая и ретропинаколиновая перегруппировки 3/1023, 939, 1024–1026; 1/659, 1134; 2/171; 4/610
- Пинаколиновое дезаминирование 3/1024
- Пинаколиновый спирт 3/1025
- Пинаколины 1/1134; 3/1023–1026
- Пинаконы 3/1025, 1023, 1026; 1/436, 1134, 1204; 2/745; 4/450
- Пинакриптолы 2/37
- Пинан 2/96; 3/1027; 5/774
- Пинанилбораны 1/391
- «Пинг-понг»-механизм 2/365
- Пиндолол 3/1026
- Пиндон 2/342
- 2-Пинен-4-ол 1/683
- 2-Пинен-4-он 1/683
- Пинены 3/1027, 58, 60, 178, 578, 869; 1/187, 391, 585, 660, 683; 2/283, 284, 598–601, 1165, 1179; 4/714, 715, 1089, 1090, 1092–1094; 5/76, 147, 438, 1004, 1005
- Д-Пинит 5/715
- Пинитридин 5/731
- Пиннера реакция 3/1027, 513, 1028, 1029; 2/420
- Пинокарвеол 5/1004
- Пинтадоит 1/671
- Пионоформ F 3/1231, 1232
- Пионий 1/787
- Пионы 3/32
- Пипеклат, метаболизм 3/613, 619, 620
- Пипемидиевая кислота 4/231, 232
- Пиперазин 3/1029, 897, 1164; 1/265, 269, 1209; 2/82, 83, 212; 4/53, 209, 225, 575, 773; 5/422, 975, 986
- Пиперазиндионы 1/252, 253
- 3-Пиперазиноалкил-7-азинидолы 1/64
- Пиперазинэстроны 2/605, 606
- Пиперациллин 2/1134, 1135
- α-Пиперидил-β-пиридин 1/290
- Пиперидин(ы) 3/1029, 690, 1018, 1019, 1021, 1030, 1045, 1047, 1048, 1164; 1/222, 261, 269, 1181; 2/245, 439, 642, 813; 4/501, 868, 872, 1098, 1256; 5/369, 434, 521, 537, 559, 709
- Пиперидинийацетат 1/1147
- Пиперидин-2-карбоновая кислота 3/613
- Пиперидинозы 1/263
- 2-Пиперидинометил-1,4-дигидроксинафтрахион 3/690
- Пиперидинохиназолдин 5/520
- 4-Пиперидисульфокислота 4/923
- Пиперидолы 3/1030, 1031
- Пиперидиноны 2/1137; 4/1255
- Пиперилен 3/1031, 444, 1032, 1244; 1/634; 2/99, 100; 4/800, 1087
- Пиперин 3/1030
- Пиперитенол 3/60
- Пиперитон 3/1032, 60
- Пиперональ 1/1004
- Пиперонилбутилоксид 1/505; 3/1040; 4/695
- Пиперофос 1/1033
- Пиразидол 3/1032; 1/325, 326
- Пиразин(ы) 3/1032, 1029, 1033; 1/76, 236, 1142; 2/742, 814; 4/270, 901; 5/385, 1042
- амид 4/241, 242
- карбоновые кислоты 4/234; 5/523
- 1-оксид 3/1033
- Пиразол(ы) 3/1033, 28, 596, 1034, 1035; 1/85, 432, 518, 712, 1031, 1074; 2/65, 179, 743, 816, 1169; 4/622
- Пиразолаитроновые красители 2/981
- Пиразолдин 1/297; 3/1034; 4/219
- 1-Пиразолил 2/1169
- Пиразолилаланин-синтаза 2/1169
- Пиразолины 1/76, 656, 1074; 2/74, 750, 1228; 3/28, 1034; 4/623; 5/740
- 5-Пиразолон 3/1035, 1014, 1036; 1/90, 297; 4/219, 254, 623, 699, 1021
- Пиразолонабензол 1/81
- Пиразол[4,3-д]пиримидин-N-нуклеозиды 3/594, 595
- Пиразофос 5/421
- Пиразофурил 3/595
- Пиракарботил 5/419
- Пирамем 3/1039
- Пирамидальная инверсия 3/1036, 1037; 1/379; 2/907–909; 4/46, 47, 390, 690
- Пирамн 1/1032
- Пиранозиды 1/1127, 1128; 2/732
- Пиранилнуклеозиды 5/451
- Пиранозы 1/1125; 3/746, 747; 5/37, 608, 957
- Пираноны 3/1073, 1074
- Пирант А 3/648
- Пиратель 4/225
- Пиратрон 2/982; 3/1016, 1017
- Пираны 3/1037, 1038, 1039; 4/1144, 1145
- Пирагрит 4/637
- Пирацетам 3/1039, 577, 578; 1/317; 4/269
- Пирекс 4/837
- Пирен 3/1039, 377, 463, 1040; 1/336, 372, 519; 2/5, 591, 594, 595, 846, 1228; 4/108, 419, 1108; 5/446, 533, 811
- Пирензепин 5/592
- Пиренхины 3/1039
- (+)-транс-Пиретриновая кислота, эфиры 3/1040
- Пиретрины 3/1040, 1041; 1/142; 2/468, 475; 4/695; 5/416
- Пиретроиды 3/1041, 994, 1042, 1043; 2/106, 468, 474, 475, 623; 4/695; 5/740
- Пиретролон 3/1040
- Пиретрум 3/1041
- Пириа кислота 3/382
- Пириадин(ы) 3/1043, 1044; 1/76, 1026, 1032; 2/68
- Пириадинкарбоновые кислоты 1/520; 3/1043; 5/376, 758
- Пириадины 3/1043, 1044
- Пириадиантрон 1/350, 351
- Пиридат 1/1032
- Пиридифентин 2/470, 471
- Пиридилазонафтол 3/1044; 2/451
- 1-(2-Пиридилазо)-2-нафтол 3/1044; 4/550
- Пиридилазорезорцин 3/1044
- 4-(2-Пиридилазо)резорцин 2/451; 3/1044
- 3β-Пиридилкарбинол 1/721, 1118
- 3-Пиридилмеркурацетат 3/1045
- Пиридилпиридины 2/141, 142
- Пиридилтетрагидрохинолины 1/720; 3/110
- Пиридилциклоалкены 1/720
- Пиридильный радикал 4/300
- Пиридилэтанола 1/721
- Пиридилэтирование 1/720
- Пиридин(ы) 3/1044, 1045, 1046
- как аналитический реагент 4/397
- как антимиотики 4/228
- как ароматизатор 3/1089
- как основания, см. *Пиридиновые основания*
- как растворитель 4/359
- определение 4/425
- получение 1/119, 140, 980, 981; 2/591, 846, 1270; 3/110, 1029, 1045, 1055; 4/1098
- свойства 1/76, 91, 261, 311, 376, 377, 422, 423, 543, 720, 981, 1157, 1186; 2/22, 65, 109, 142, 177, 179, 371, 449, 499, 694, 741, 752, 812, 813, 821, 858, 929, 963, 964, 1010, 1033, 1089, 1110, 1137; 3/29, 115, 458, 507, 515, 519, 523, 554, 580,

- 673, 676, 678, 679, 814, 1019, 1030, 1047, 1217, 1218, 1246, 1258, 1260; 4/71, 288, 312, 396, 419, 499, 719, 751, 909, 922, 1098, 1102, 1107, 1108, 1117, 1126, 1138, 1204, 1257, 1266; 5/9, 115, 196, 450, 521, 526, 529, 568, 693, 777, 778, 786
- соединения 2/407; 3/1164
- алкалоиды, см. *Пиридиновые алкалоиды*
- галогениды и гидрогалогениды 3/692, 1030, 1044, 1046, 1253
- гидроксиформы, см. *Оксипиридины*, *Пиридины*
- диметилы, см. *Лутидины*
- N-замещенные 3/813, 814; 5/8. См. также *Пиридин-N-оксид*
- кислоты, см. *Пиридинкарбоновые кислоты*
- карбонитрилы 4/287
- комплексные 1/677; 2/267, 332, 495, 642, 822, 831, 933, 1029; 3/353, 665, 803, 874, 1046; 4/425, 594, 896, 917, 923; 5/734, 757
- монометилы, см. *Пиколиты*
- нафтиридины 3/383, 384, 385
- соли, см. *Пиридины соли*
- сульфированные, см. *Пиридин-3-сульфокислота*, *Пиридинтрисульфоксид*
- 2-Пиридинальдоксиметриодид 1/328, 436; 3/703
- 4-Пиридинопиридинийхлорид 3/710, 1046
- Пиридиновые соли 3/1046, 710, 814, 1018, 1044, 1045, 1047; 1/105, 112, 278; 2/963, 964, 1032; 5/434
- Пиридинкарбоновые кислоты 1/250, 453, 720; 2/371, 397; 3/487, 713, 884, 1214; 4/494; 5/526, 527, 758, 759. См. также *Изоникотиновая кислота*, *Никотиновая кислота*, *Пикотиновая кислота*
- Пиридиновые алкалоиды 3/1047, 1048; 5/1051, 1052
- ликоподиума 1/146, 143, 147; 3/1047
- Пиридиновые основания 1/199; 2/593, 594, 845, 858, 1081, 1215; 3/830, 1019, 1020; 4/969
- Пиридин-N-оксид 1/112, 243; 2/29; 4/288
- Пиридинолы 3/708–710, 884
- Пиридинофан 5/745
- Пиридин-3-сульфокислота 3/487, 709, 710, 1045
- Пиридинисульфотриоксид 2/456; 3/1044, 1046, 1078
- Пиридитол 3/578
- Пиридогистамибромид 3/710
- Пиридо[б]инолы 2/635, 636
- Пиридоксаль 1/741, 750. См. также *Витамин В6*
- Пиридоксалькиназа 1/742
- Пиридоксальфосфат 1/395, 741, 751, 752, 1132; 2/363, 967, 969, 1169, 1176; 3/937; 4/430, 1241, 1242, 1247; 5/2, 159, 767
- Пиридоксанин 1/741, 750. См. также *Витамин В6*
- Пиридоксанин-S'-фосфат 1/395, 741, 742; 3/937
- Пиридоксин 1/451, 742, 743, 750; 3/679. См. также *Витамин В6*
- Пиридоксинфосфатоксиды 4/524
- Пиридоксолфосфат 4/524
- Пиридолаты 3/709
- Пиридоны 1/261, 952; 3/709, 1046, 1073; 4/234, 992; 5/444. См. также *Оксипиридины*
- Пиридопиридины 3/383–385
- Пирилия соли 3/1048, 546, 720, 1038, 1047, 1049, 1050, 1074; 1/105, 347, 376; 2/65, 629; 4/1145
- Пириметамин 4/239
- Пиримидин(ы) 3/1050, 174, 1043, 1051; 1/76, 127, 228, 422, 455, 560, 1032, 1097, 1209; 2/427, 963, 964, 969, 1270; 4/235, 536, 901, 1248; 5/224, 225, 418, 422, 449, 519. См. также индивидуальные представители как антибиотики 3/594–596; 4/228 как основания, см. *Пиримидиновые основания*
- специфичные ферменты 4/518
- Пиримидинантрон 2/1228
- Пиримидининоны 1/1032; 3/1051, 1052; 4/1226. См. также *Тимин*, *Урацил*
- Пиримидинобензопиразины 1/525
- Пиримидиновые основания 3/1051, 294, 296, 297, 299, 300, 578, 585–588, 594, 595, 812, 813, 1052, 1241; 1/39, 139, 396, 751; 2/426, 519, 963, 964; 4/492, 495, 518, 519, 810, 1001, 1229–1231, 1238, 1241, 1261
- каиноические, см. *Тимин*, *Урацил*, *Цитозин*
- комплементарность 3/211, 1051; 4/276, 1229
- метаболизм 3/619, 620, 622, 623
- иуклеозиды, см. *Минорные нуклеозиды*
- 2,4,6-Пиримидинтриол 1/455
- Пиримикарб 2/474
- Пиримифос-этил 2/470
- Пиринурон 2/342
- Пирит 3/1052, 4, 633, 863, 1053; 1/1104; 2/265, 266, 334, 556, 591; 4/560, 613, 630, 673, 911, 972, 1017; 5/208, 298, 469, 470, 755
- Пиритидин 2/242
- Пиритидол 3/1032
- Пиро... 3/1053
- Пироантимонаты 4/944
- Пирозенаты 1/382
- Пиробензол 3/1053
- Пиробораты 1/584
- Пированадаты 1/670–672
- Пированадиевая кислота 1/670
- Пированиная кислота 1/726
- Пировиноградная кислота 1/195, 556, 608–611, 726, 1136, 1155, 1156; 2/8, 28, 29, 105, 361, 395, 523, 633, 969, 970, 1140, 1169, 1176, 1193; 3/253, 613, 683, 920, 1053, 1083; 4/34, 642, 1119, 1171; 5/271, 348, 582, 768, 969
- Пировиноградный альдегид 2/742
- Пирогаз 3/1060–1066
- Пирогалловая кислота 3/692, 693, 1053, 1054
- Пирогалловый красный 5/128
- Пирогаллол 3/1053, 271, 363, 572, 694, 1054; 1/940, 1039; 2/226, 236, 768, 1087; 4/253, 893, 945, 979, 982, 1268; 5/111, 77, 82, 128, 140, 141, 388, 391, 393, 396, 455
- «Пирогели» 3/326
- Пирогенал 2/427
- Пирогенетическая вода 3/1054, 1055; 1/1177; 2/842; 4/101
- Пирогидролиз 3/1055, 1056, 1059; 1/951
- Пироглутаминовая кислота 1/982, 1151; 4/1171, 1172
- Пирографит 1/1190–1192, 1194; 5/39, 40, 901
- Пирозевики 3/1062, 1063
- Пирозоли 2/332
- Пирокатехин 3/1056, 36, 46, 579, 694, 696, 1053–1055, 1057; 1/336, 427, 504, 531, 533, 640, 988, 1039, 1115; 2/226, 236, 653, 695, 864, 999; 4/253, 400, 508, 569, 979; 5/115, 132, 139–142, 449
- эфир диметиловый, см. *Вератрол*
- монометилы, см. *Гваколы*
- Пирокатехиновая кислота 3/692, 693
- Пирокатехиновый фиолетовый 3/1058; 1/736, 986; 2/451; 4/397, 936; 5/762
- Пирокатехинсульфоталейн 3/1058
- Пирокатеховая кислота 3/692, 693
- Пирокерам 4/706
- Пирокоман 3/1073, 1074
- Пирокоденсат 3/1066
- Пирокремниевая кислота 2/1006
- Пироксениты 3/970; 4/561
- Пироксены 1/587; 2/776; 4/675–677, 680, 681, 707, 708
- Пироксикам 4/219, 220
- Пироксилины 1/607, 706; 2/133, 182, 934; 4/135, 136; 5/666, 667
- Пироксисоли 3/1048–1050
- Пиролей-100 3/444
- Пиролы 3/1058, 407, 1059; 1/602, 1101, 1190, 1192; 2/83, 95, 552, 638, 704, 741, 747; 5/9, 13, 135, 137, 1010 в звуковых полях 5/60
- древесины 3/1059, 107, 351, 535, 826, 1058, 1060, 1061; 2/15, 225, 226, 230, 231, 1004, 1165; 4/771; 5/56, 429
- и выбрекинг 1/727; 3/1058
- и коксование 2/841, 843
- и конденсация с дегидрированием 2/889
- и обработка пластмасс 4/16
- и огнестойкости 3/646
- и полукоксование 4/100
- и свободные радикалы 3/1059; 4/301
- и термический крекинг 3/1058; 4/1058–1060
- и термолит 4/1075
- и термостойкость веществ 4/1085
- и химическое газофазное осаждение 5/503
- и элиминирование 5/503, 939
- как цепная реакция 5/682
- нефтяного сырья 3/1061, 27, 168, 441, 444, 445, 449, 450, 466, 739, 1000, 1007, 1008, 1058, 1062–1066; 2/121, 206, 1005, 1093, 1101; 4/194, 313, 753, 1058–1060; 5/983
- окислительный 2/1005; 3/449, 450; 4/697
- отходов 3/864; 4/1085
- скоростной 4/702
- Пиролитическая тяжелая смола 3/894
- Пиролитическая газовая хроматография 3/1066, 1067; 1/883; 4/425
- Пиролозит 2/1285, 1290, 1291, 1293
- Пиромеканн 3/68, 69
- Пиромеллитовая кислота 1/513–515; 3/1116, 1117, 1245, 1247; 5/385, 415
- Пиромеллитовый диангидрид 3/1067, 796, 1068, 1215; 1/514, 515; 2/236
- Пирометаллургия 3/1068, 6, 7, 93, 638, 1069, 1070; 4/550, 593, 594, 944, 1173, 1174; 5/749, 750
- Пирометры 3/1070, 1071, 1072; 2/574; 4/1057, 1077
- Пироморфит 5/281
- Пиромышьяковая кислота 3/305
- Пиромышьяккислая кислота 3/312
- Пиронин 5/649
- Пирониобаты 3/488, 489
- Пироны 3/1073, 1038, 1039, 1074, 1075; 2/499; 4/61, 1145; 5/721
- Пироп 4/681
- Пиропласт 3/444
- Пиросерия кислота 4/642
- Пиросернистая кислота 4/920
- Пиросиликаты 3/360–362
- Пирослизевая кислота 2/28; 5/428, 429, 434
- Пиросульфаты 4/904, 905
- Пиросульфиты 4/920, 921
- Пиросульфанадаты 4/644
- Пиросульфурилгалогениды 4/939, 940
- Пиросурьмяная кислота 4/948
- Пиротанталовая кислота 4/985
- Пиротехнические источники газов 3/1075, 369, 414, 988; 2/768; 5/560
- Пиротехнические составы 3/1075, 313, 360, 369, 505, 1076; 1/209, 460, 461, 706, 726, 832; 2/1206, 1207, 1248; 4/549, 598, 876–878, 943, 951; 5/508, 560, 695, 760
- воспламенение 2/467
- дымные 2/239, 240, 1032; 1/998; 3/1075, 1076; 4/669, 1245
- зажигательные, см. *Зажигательные составы*
- интеркалаты 2/477
- осветительные 3/822, 823; 2/1235; 4/1246
- сигнальные, см. *Сигнальные составы*
- трассирующие 4/1246; 3/972
- Пиротин 3/633
- Пироулерод 1/1192
- Пирофиллит 3/992, 993; 4/678
- Пирофоры 2/820; 3/473, 1152; 4/433, 573, 670, 1173; 5/74, 78, 614, 694, 696, 760. См. также *Самовозгорание*
- Пирофос 3/1077
- Пирофосфат(ы) 2/1170; 4/496, 524, 1229
- неорганические 1/974, 976, 977; 3/367, 368; 4/543, 981; 5/248, 288. См. также *Фосфаты конденсированные*
- органические 3/1076, 1077; 5/255. См. также *Аденозиндифосфат*, *Никотинамидные коферменты*
- Пирофосфатаза 2/655
- Пирофосфататы 5/267, 276
- Пирофосфорилаза 1/1132
- Пирофосфорная кислота 1/38, 40, 434, 1131, 1132, 1137, 1152, 1211; 2/473, 655, 783, 1170; 3/367, 593, 810, 879, 1053; 4/810, 1120; 5/248, 287, 288, 299. См. также *Пирофосфаты*
- Пирохимический анализ 2/709
- Пирохлоры 3/1077, 489–491; 4/562, 979, 981, 985, 1183; 5/206, 391
- Пироэлектрики 3/1078, 167; 2/207, 1071, 1072; 4/284, 608, 681, 948. См. также *Пьезоэлектрики*, *Сегнетоэлектрики*
- Пиродиазол 4/1251–1253
- Пирролы(ы) 3/1078, 1079, 1080; 1/77, 236; 5/429, 573–576, 713, 778. См. также индивидуальные представители
- Кюорра 2/814
- красители 2/974, 975; 3/1079
- красный 3/1078
- получение 1/76, 981; 2/106, 814, 815; 3/870, 871, 1079, 1080; 4/147, 148
- свойства 1/70, 376, 377, 423, 709, 784, 983, 1061, 1203; 2/114, 278–280, 314, 417, 909, 943, 946, 1172; 3/458, 1037, 1081; 4/147, 148, 341, 894, 895, 917
- хромогены 1/264
- Пирролальдегид 2/279, 280
- Пирролин(ы) 3/1080, 1037, 1079, 1164; 1/644, 1181; 2/245; 4/191, 872, 894, 895, 1096; 5/714
- Пирролидинозы 1/263
- Пирролидинохиазолин 5/520
- Пирролидины 1/652, 721, 1137, 1139, 1151, 1152; 2/9, 1143; 3/120, 1080; 4/894, 895; 5/1010

- Пирролизидин 3/1081; 1/147
алкалоиды 3/1081, 1082, 1083; 5/591
- Пирролинон 2/279, 280
- Пирролины 3/1079, 1080; 4/192
- Пирролкарбальдегиды 2/814
- Пиррол-2-карбоновая кислота 3/711, 1078
- Н-Пирролматный 3/1078
- Пирролофаны 5/743–745
- Пирролопиридины 1/63
- Пирроло[2,3-d]пиридин-N-нуклеозиды 3/594, 595
- Пирромины 1/356, 357
- ε-Пирролиндин 1/356
- Пирроны 2/1166; 3/1213–1215
- Пирротин 2/265; 3/167, 475, 823; 4/562
- Пируват 3/613, 615–621, 683, 810, 1083; 4/1119, 1260, 1261; 5/1015
- Пируватгидрогеназа 1/609, 751; 2/969, 1193; 4/1119
- Пируватдекарбоксилаза 1/608; 2/969; 5/162
- Пируваткарбоксилаза 3/1083; 1/556, 1156; 2/970, 1170
- Пируваткиназа 1/1136; 2/395
- Пируватоксидаза 1/328; 5/151
- Пирувоинрил 1/1128, 1129
- Питатели 3/1083, 144, 1084–1086; 2/217; 4/736; 5/210
- Питохоловая кислота 2/278
- Питтинговая коррозия 3/1086, 272, 889, 1087, 1088; 2/320, 321, 435, 436, 947, 955; 4/173; 5/910
- Питцера
напряжение молекул 3/331
разложение 5/71
- Питьевая вода 1/768, 769, 903; 3/161, 171, 356–358, 658
- Пихтовые продукты 1/454, 545; 2/284, 802; 5/208, 438, 1003, 1004
- Пиццини 3/686
- Писен 1/372
- Пища 2/1277; 3/161
добавки 3/1088, 156, 357, 367, 472, 505, 518, 577, 693, 829, 1033, 1089, 1090; 1/47, 334, 335, 338, 395; 2/539, 648, 658, 936, 937, 1263, 1273; 4/569, 768, 833; 5/67, 151, 774, 1015
- дрожжи, см. Дрожжи
- жиры, см. Жиры, Подсолнечное масло, Растительные масла
- загрязнители 3/1194. См. также Микрокосмы
- искусственная 2/538, 539; 3/156
- соль, см. Натрий, хлорид; Поваренная соль
- состав 3/395, 397, 470
- тара 3/1234, 1244
- Пищевуки реакция 3/1090, 1091; 4/1143, 1161
- ПКФ, см. Пирокатехиновый флюид
- «Плавающей зоны» метод 2/223
- Плавиковая кислота 1/157; 2/519; 3/576; 5/291, 395, 612, 751. См. также Фтористоводородная кислота
- Плавиковый шпат 2/590; 4/838; 5/205, 214, 386. См. также Флюорит
- Плавка (выплавка)
автогенная 3/6; 4/593
- вакуумно-дуговая 3/249
- восстановительная 3/474
- зонная, см. Зонные методы
- индулиновая 2/462
- КИВЦЭТ-ЦС, метод 4/593
- концентраторов 4/1173, 1174
- мартеюаская 2/256, 258, 264
- металлов 3/93, 95, 1068–1069; 4/592, 593
- нигрозиновая 3/471
- осадительная 4/944
- пробирия 2/916; 3/1133
- тигельная 2/263; 4/183
- шерберия 4/183
- щелочная 5/127
- электронно-лучевая 3/244, 249; 5/81
- QSL, метод 4/593
- Плавнение 3/1091, 226, 1092–1094; 4/890; 5/15, 102
- диаграммы, см. Диаграммы плавления
- и зейгирование 4/951
- и термический анализ 4/1057
- никогрознтное 2/60, 61; 3/1091
- никогрознтное 2/60; 3/1091
- пластмасс 3/1116
- температура 3/97; 4/1029
- уровнение Клапейрона-Клаузиуса 2/788
- фракционное 2/1044; 4/891
- щелочное 2/646; 5/133
- энтальпии 4/1034
- Плавни 2/1062
- Плавны 3/520, 690
- Плагнотраниты 4/561
- Платиноклады 3/1191–1193; 4/678, 680, 1006
- Плазма 3/1094, 334, 1095; 1/402; 2/505, 526, 531. См. также Плазменная химическая технология, Плазменная химия
- аммиачная 3/169, 170
- аргонная 2/1312, 1318
- галогенная 5/334
- и эмиссия электронов 3/97
- индуктивно-связанная 2/1312, 1318
- кислородная 3/169; 5/334
- крови 2/31, 559, 1140, 1198, 1199; 3/348, 1098; 4/248–250, 468, 469, 893, 966
- низкотемпературная 5/43
- релаксация 4/463
- термическая диссоциация 2/158
- Плазмажель 2/1078
- Плазмалогены 3/1096
- Плазмалогены 3/1095, 1096; 1/165; 2/1188, 1189; 5/269
- Плазмиды 3/1096, 149, 150, 587, 1097; 1/1010, 1011; 4/496, 498, 1243, 1244
- Плазмины 3/1097, 1098; 1/322, 341; 5/168
- Плазминоген 1/248; 3/1098
- Плазмотены 2/141
- Плазмолит 3/829
- Плазмоны 4/296
- Плазмотроны 3/1099, 1100; 4/777–779; 5/64
- Плазмохимическая технология 3/1098, 334, 696, 1099–1101, 1104, 1105; 2/669, 1154; 4/139, 436, 582, 777–779, 807, 1223, 1224; 5/503, 516. См. также Плазма, Плазменная химия
- Плазмохимия 3/1101, 169, 170, 421, 662, 1102, 1103; 1/786; 2/625, 753, 1005; 4/295, 463, 1031; 5/476. См. также Плазма, Плазмохимическая технология
- Плайофлекс 1/635
- Плавивил 4/238, 239
- Плакирование 2/321; 3/84–86
- Пламена (пламя)
водородное 2/43, 44
- водородно-кислородное 1/778
- восстановительное 1/408, 409; 3/8
- газители 1/281; 2/126, 240; 4/656, 669, 731, 809; 5/268
- и горение 4/571, 575. См. также Ингибиторы горения
- ионизация 2/530, 532
- люминиметрическое число 2/1224, 1225
- методы, см. Пламенные методы
- некоптящее, высота 2/738, 739, 1225; 3/448
- открытое 3/1189
- пиротехнические, см. Пиротехнические составы
- подсвечивание в печах 2/595; 3/999
- распространение 1/831, 832; 3/1187
- реакции 1/704, 705
- «твердое» 4/575
- точка дымления 2/1225
- Пламенные методы
диффузионные 2/195, 754
- приборы 1/895, 909; 2/43–45
- сварка 4/582
- фотометрические, см. Фотометрия
- Планарная технология 3/1103, 334, 335, 414, 695, 1104–1106; 4/113, 1224; 5/333, 334, 340, 503, 510, 516
- Планетарные мельницы 2/146, 353, 354; 4/139
- Планирование
опробования 4/181
- органического синтеза 3/791–794
- эксперимента 3/1106, 195, 640–643, 1107–1113; 2/749
- Плакка
закон 3/1094; 4/1030
- постоянная 3/1113; 2/717, 754; 5/868
- приближение 3/48
- теорема 4/1035; 5/956
- функция 4/1072; 5/955
- Планте аккумулятор 1/110
- Пласкон 1/261; 3/632, 1250, 1251
- Пластизол 3/1113, 86, 905, 906, 1114, 1233–1235; 2/809
- Пластикат 3/1113, 1114, 1233–1235
- Пластикаты полимеров 3/1114, 146, 147, 1115, 1116; 2/40, 704
- Пластики 1/859; 3/327, 1119. См. также Пластические массы
- АБС, см. АБС-пластик
- арамидные 3/802–804
- армированные, см. Армированные пластики
- асбестовые, см. Асбестопластики
- бороволокнистые, см. Бороволокнистые
- вязкотекучее состояние 1/873
- гибридные 3/327, 330, 1119
- графитированные, см. Графитопластики
- конструкционные 3/1213
- меламино- и мочевино-формальдегидные, см. Аминопластики
- на основе химических волокон 4/40, 57. См. также Органопластики
- металлосодержащие, см. Композиционные материалы, Металлопластики, Металлополимеры
- САН 1/118
- слоистые 4/723, 93; 1/1062, 1063; 3/743, 1121
- декоративные бумажные 2/29, 30, 35; 3/282; 5/134
- древесные 2/230, 224, 225; 3/327; 4/723; 5/144
- стекловолокнистые, см. Стеклопластики
- углеродные, см. Углеродпластики
- ударопрочные 2/708; 4/168, 169, 734
- фенольно-формальдегидные, см. Фенопластики
- ячеистые, см. Пенопласты, Сотовые пластики
- Пластинчатые устройства
компрессоры 2/883, 884, 886; 3/344
- насосы 3/342–344
- питатели 3/1084
- теплообменники 4/1051, 1052
- Пластинчатые устройства 3/1116, 327, 378, 445, 531, 683, 712, 719, 728, 730, 743, 744, 746, 991, 1066, 1113, 1114, 1117–1119; 1/65, 545, 630, 644, 789, 866; 2/92, 210, 212, 377, 544, 601, 648, 660, 799, 803–809, 861, 867, 868, 996, 1175; 4/30, 95, 731; 5/25, 26, 87, 133, 134, 147, 171, 256, 377, 981, 1001. См. также Пластификация полимеров
- Пластификация полимеров 3/1118, 201, 273, 743, 1119, 1223; 4/734, 840, 841, 844, 1076. См. также Пластификаторы
- Пластические массы 3/1119, 1120. См. также Пластики, Полимеры
- биострукция 3/864. См. также Дефекты полимеров
- вспененные 3/901–905
- дезактизация 2/16
- крашение 2/1001, 302, 440, 1002, 1228, 1254, 1278; 3/131, 471, 537, 676, 1009, 1013, 1138
- наполнители 2/48, 156, 606; 3/327, 745, 1119; 4/604
- отбеливание 3/837
- отходы 3/864
- пексовые 3/895
- получение, см. Полимерные материалы, переработка
- применение 1/860; 3/1121, 1122
- радиопрозрачные 4/333
- с токопроводящим покрытием 2/1131
- свойства 1/1175–1177; 3/144, 145, 1121, 1122. См. также отдельные свойства материалов
- сушка 4/959, 965
- сцинтилляционные 4/329
- термопластичные, см. Термопласты
- термореактивные, см. Реактопласты
- Пластичность материалов 2/304, 338, 704; 3/144, 1116, 1118; 4/486, 583, 808, 994. См. также Ребиндера эффект
- Пластичные смазки 3/1122, 144, 378, 445, 466, 884, 1123–1127, 1168; 1/865; 2/1011; 4/876, 1007
- антифрикционные, см. Антифрикционные смазки
- как вязкие жидкости 4/486
- канатные 2/601; 3/1125–1127
- консервационные 2/900, 901; 3/1125–1127
- космические 2/961; 3/1125, 1126
- мыльные 3/303
- уплотнительные 5/68, 67, 69
- электрореологические 4/491
- Пластмассы, см. Пластики, Пластические массы
- Пластобетон 3/1264, 1265
- Пластодур 5/144
- Пластометрия 1/729
- Пластохинон 5/345, 346
- Пластохинон 5/346
- Платина 3/1127, 871, 955, 956, 958; 4/431; 5/937. См. также Благородные металлы, Платиновые металлы, амальгамы
- 1/223
- галогениды 1/527, 963; 2/137, 1038; 3/120, 1043, 1044, 1128, 1129; 4/813, 814, 914; 5/391
- гидроксиды 3/1128
- губчатая 3/1129, 1133
- интерметаллиды 1/384; 2/480, 481, 485; 3/165, 753, 871, 1128, 1132; 4/99
- кислоты, см. Платиногалогеноводородные кислоты
- минералы 2/261, 262, 535; 3/871, 873, 1126, 1128, 1132; 4/532, 562, 1081
- оксиды 1/241; 2/752; 3/1128; 4/867
- определение 2/84, 177, 709; 3/1133, 1134; 4/184, 530, 531, 555, 1147; 5/957
- получение 1/885, 1104; 2/84, 348, 573; 3/134, 412, 873, 1129, 1133,

- 1193; 4/139, 533, 560, 561, 565; 5/222, 333, 651, 833, 926
- применение 2/950, 1242; 3/71, 403, 1129, 1130; 4/628, 820, 953, 1079–1081, 1098, 1202; 5/333, 365, 553, 735, 739, 839, 844, 901, 909, 915, 917, 920, 941. См. также *Платинирование*
- свойства 1/1015, 1055–1057, 1082; 2/157, 183, 282, 536, 615, 664, 666, 684, 734, 751, 767, 851, 863, 920, 924; 3/74, 99, 281, 324, 325, 346, 347, 372, 387, 515, 532, 538, 568, 661, 667, 668, 670–672, 675, 676, 727, 872, 913, 950, 959, 1045, 1079, 1093, 1128, 1129, 1132–1134; 4/257, 274, 467, 482, 693, 804, 805, 813, 867, 1055, 1056, 1101, 1106, 1126; 5/13, 45, 49, 68, 115, 127, 264, 332, 361, 710, 722, 731
- соединения диоксигенильные 2/136, 137, 769; 3/971
- комплексные 2/926–928, 930, 934, 1170; 3/975, 1129, 1130; 4/97
- органические 3/1130, 78, 735–737, 1036, 1129, 1131; 1/432–434, 543, 1094; 2/97, 98, 374, 642, 651, 873, 926–928, 930, 932; 4/555; 5/276, 384
- сплавы 1/618; 2/1243; 3/873, 1129, 1130, 1134; 4/534, 565, 809
- сульфаты 3/1129
- халькогениды 3/1128, 1129, 1132
- цианид 5/703
- чернь 1/428, 1083; 2/766; 3/134, 323, 1128–1130
- Платинирование 1/974, 976, 977; 3/1129
- Платиновые металлы 3/1131. См. также *Благородные металлы*, *Платина*
- определение 2/187, 1224; 3/62, 703, 1133, 1134; 4/184, 530, 531
- получение 1/1104; 2/184; 3/4, 1133; 5/651
- применение 3/1134
- свойства 1/1015; 2/97, 98, 334, 535, 536, 1219; 3/97, 823–826, 871–876, 956–958, 1132, 1133; 4/431, 531–536, 562–565; 5/703
- Платиногалогеноводородные кислоты 1/974, 1108; 2/676, 1018; 3/722, 801, 1081, 1129; 5/523
- Платиноиды, см. *Платиновые металлы*
- Платифиллин 3/1082, 1083; 5/591
- Плато принцип 3/1174
- Платформинг 2/684; 3/1061
- Плаун-баранц, экстракт 1/147
- Плацентарный лактоген 3/1134, 1135; 1/1172; 4/189, 758
- Плексиглас 3/774; 4/22
- Плексигум 4/22
- Пленки
- адсорбционные 2/322
- диэлектрические 2/209
- жидкостные, см. *Пленочные аппараты*
- клеевые 2/225, 799, 801, 803, 804, 807–809
- магнитные 2/1242, 1243
- образование, см. *Пленкообразователи*
- оксидные 1/907, 908, 1050; 2/950; 3/85; 5/913. См. также *Окалина*
- покрытые окрашенные для кожи 2/996
- полимерные 3/1135, 712, 719, 1102, 1103, 1136–1139, 1215, 1218–1220, 1222, 1224, 1228, 1234; 1/713, 716; 2/286, 601, 989, 1150; 4/1, 27, 40, 41, 44, 82, 85; 5/663, 666
- анизотропные 1/859
- биodeградация 2/989
- бумификация 1/623; 3/1138
- влагопроницаемость 1/757
- волокнистые, см. *Фибриды*
- дезактивирующие 2/16
- для нетканых материалов 3/437
- дублирование металлов, см. *Металлопласты*
- как мембраны 3/43, 54–56
- как подложки для липких лент 2/1192
- как пьезоэлектрики 4/285
- крашение, см. *Крашение пластмасс*
- матовые 3/1138
- металлизация, см. *Металлизация полимеров*
- монокристаллические 5/836
- итти, см. *Фибриды*
- оптические 3/776
- ориентация макромолекул 3/808
- пищевые 2/92
- стабилизация 5/268
- термоусадочные 3/1135, 1136, 1138
- формование 4/10, 11
- целлофановые, см. *Целлофан*
- полифосфатные 5/291
- полупроницаемые 3/53, 54
- сервоитные 3/85
- тонкие 4/1206, 1207; 2/818, 858, 859, 1299
- фазовые, см. *Дисперсные системы*
- фотохромные 3/132
- черные 5/776; 2/861; 4/1207
- электропроводящие 2/453
- эпитаксиальные, см. *Эпитаксия*
- Пленкообразователи 3/1139, 54, 159, 445, 991, 1140, 1196, 1197, 1235; 1/340, 562, 773, 774, 788–790, 1207, 1208; 2/559, 799, 818, 982, 996, 1014, 1015, 1129–1132, 1296; 4/26, 29, 40, 51, 142, 143, 359, 669, 670, 673, 738, 739, 742; 5/134, 340, 786, 787
- Пленкообразующие вещества 3/1139, 1140
- Пленочные аппараты (приборы) 3/1140, 1141–1144; 2/1274, 1306, 1307; 4/461, 1049; 5/448
- абсорберы 4/755
- весы Ленгюра 3/260
- выпарные 1/849, 850
- грядирин 1/1183
- дистилляционные 2/161
- мембранные 2/521, 522; 3/43–46
- насадочные 3/335–339
- ротаторные 4/542; 3/1141, 1143, 1144
- тарельчатые 4/989, 990
- Пленочные процессы
- кнеление 2/760–762
- конденсация 2/890–892
- кристаллизация 2/1041
- флотация 5/207
- Плеонаст 5/788
- Плетение заготовок пластмасс 4/13
- Пликтран 1/108
- Плиты(ки)
- асбесто-смоляные (цементные) 2/1101; 3/467
- древесные 2/227, 228, 229, 1166; 3/646; 5/138
- поливинилхлоридные 3/862; 5/113, 114
- Плифенат 2/469
- Пломбировочные материалы 3/1196
- Плоскопараллельная насадка 3/338, 339
- Плоскослойная хроматография 5/621, 622
- Плоскости
- Гельмгольца 2/3, 4
- скольжения дислокаций 2/51, 52, 55
- Плоскостная хроматография 3/817, 818
- Плотная упаковка 3/1144, 74–76, 97, 226, 227, 1145; 2/480–482, 510, 832, 1054, 1063, 1064, 1069; 4/137
- Плотномеры 3/1145, 1146–1151; 1/887, 888; 2/291
- Плотность 1/914; 2/44, 45, 55; 3/1145, 1146; 5/175
- газов, см. *Газы*
- древесины 2/224
- жидкостей, см. *Жидкости*
- жиров 2/304
- и давление 1/1215; 3/1145; 4/663
- и механические свойства 3/145
- и молярная рефракция 4/515
- и температура 3/1145
- и теория подобия 3/1183–1185
- и уравнение Клапейрона–Клаузиуса 2/788
- Клапейрона–Менделеева 3/1146
- измерение, см. *Плотномеры*
- истинная 3/1145; 4/131
- как параметр порядка 2/1072; 5/103
- кажущаяся 3/1145; 4/131
- критическая 2/1074; 3/335
- матрица 2/719; 3/205
- минералов 3/167
- насыпная 3/1145
- нефтей и нефтепродуктов 3/446, 453, 455, 458, 462
- объемная 4/138
- оптическая 1/915; 2/148; 3/167; 5/315–317, 321, 322, 334, 335, 540
- относительная 3/1145, 1146; 4/663
- потоков излучений, массы, импульса и энергии 2/188–190, 195–197, 499, 762, 763; 3/946–948; 4/1030; 5/30, 31
- разделения минерального сырья 3/631–634
- рентгеновская 3/1145
- серной и соляной кислот 4/643, 754
- средняя 3/1146
- твердых растворов 4/1006
- тока коррозии 2/954
- обмена 4/1193
- при сверхпроводимости 4/583, 584
- электролиза 5/637, 638
- электронная, см. *Электронная плотность*
- ядерного вещества 5/1031, 1032
- Плутеран 2/458
- Плунжерные устройства
- насосы 3/342–344
- питатели 3/1083, 1084
- Плуракол П 4/31
- Плутоний 3/1151; 2/769; 4/1241
- галогениды 3/1152–1155; 5/391
- гидриды 3/1152, 1155
- гидроксид 3/1152
- карбиды 3/1155; 2/624
- нитрид 3/1155, 1156
- оксиды 3/1152–1155
- определение 3/403, 1044; 4/1221
- органические соединения 1/169; 3/1152; 5/276
- получение 1/1104; 2/214, 564; 3/425, 1154, 1155; 5/76, 166, 256, 833
- применение 1/133; 3/1155; 5/160, 802
- свойства 1/131, 132; 2/43, 1112; 3/97, 403, 957, 959, 962, 1152–1154; 4/319, 331, 332; 5/1018–1020, 1030, 1031
- силениды 3/1153, 1154
- сплавы 5/80, 81
- фосфид 3/1153, 1154
- халькогениды 3/1153, 1154; 4/618
- «Плюмб» 3/575
- Плюмбаты 4/591, 592, 600
- Плюмбикон 3/434
- Плюмбидины 4/596
- Плюмбидены 2/622
- Плюмбиды 4/591, 592
- Плюмбогерманит 1/1036
- Плюмбопироксолом 3/1077
- Плюроники 3/1165; 4/189
- Плюсование 2/1095
- Пневматическая химия 5/508
- Пневматические устройства
- весы 1/685
- газоанализаторы 1/887, 888, 914, 915
- для текстурирования нитей 4/1015–1017
- и костюмы 2/324
- классификаторы 4/628, 629
- машин отсадочные 3/631
- флотационные 3/901; 5/209
- формовочные для пластмасс 4/9, 10
- мельницы 2/356, 357
- мешалки 3/943
- насосы 3/339
- распылители 1/906, 907; 2/1131; 4/348, 349
- сепараторы 3/631
- системы автоматического регулирования 1/23
- сушилки 4/961, 962
- транспортные, см. *Пнеumo- и гидротранспорт*
- Пнеumo- и гидротранспорт 3/1156, 144, 1157–1159; 1/1105; 2/682, 683, 881; 4/487; 5/172
- Пневый осмос 2/1165; 3/826
- Поваренная соль 3/161, 304, 369, 412, 863. См. также *Натрий, хлорид*
- Поваренных правило 4/1004
- Повелит 1/1057; 3/241, 242
- Поверхностная активность 3/1159, 1160–1164, 1171
- Поверхностная концентрация 2/915
- Поверхностная энергия 3/1161, 317, 318, 1162, 1172, 1173; 2/318; 4/344; 5/98, 465
- Поверхностно-активные вещества 3/1162, 117, 346, 740, 1160, 1161, 1163–1170; 1/1110, 1111; 2/146, 858–861; 5/268, 276, 786. См. также индивидуальные представители и их группы
- адсорбция 3/888, 1160–1163, 1170, 1171
- и активность, см. *Поверхностная активность*
- и межфазное натяжение, см. *Поверхностное натяжение*
- и энергия, см. *Поверхностная энергия*
- из разбавленных растворов, см. *Мономолекулярный слой*
- амфотерные, см. *Амфотерные соединения*
- бноразложение 3/1169, 1170
- бистон как черные пленки 4/1207
- гидрофильно-липофильный баланс 3/1162, 1163, 1165. См. также *Гидрофильность*, *Гидрофобные взаимодействия*
- дифильные, см. *Дифильные соединения*
- «жесткие» и «мягкие» 3/1169
- и вибрационные процессы 1/707
- и измельчение 2/358
- и обезвоживание нефти 3/608, 610
- и смачивание 4/730
- и электроосаждение 1/974
- ионоактивные, см. *Ионные соединения*
- ион-парные 2/295
- истинно-растворимые 3/1162, 1163
- как антистатики 1/339, 340
- как дезинфицирующие средства 2/18

- как диспергаторы 1/845; 3/1162, 1163
 как маскирователи 2/1294
 как модификаторы 2/319
 как пенообразователи 3/898, 921
 как пластификаторы 3/1117, 1118
 как полиэлектролиты 3/1169
 как пятновыводители 4/285
 как средства огнетушения 3/648
 как стабилизаторы 2/155, 818, 1149, 1150; 3/53
 как флотореагенты 5/207, 208
 как эмульгаторы 5/949
 ко(со) 3/162
 коллоидные 3/1162, 1163
 кремнийорганические 3/1163, 1166
 лиофильность и лиофобность 2/1182, 1183. См. также *Эмульсии мицеллообразующие, см. Мицеллообразование, Мицеллы*
 моющее действие 3/283, 184, 185, 284, 285, 301. См. также *Моющие средства, Мыла, Синтетические моющие средства*
 неионоактивные, см. *Неионогенные поверхностно-активные вещества*
 немиецеллообразующие 3/162, 163, 185
 оксизтиллированные, см. *Оксизтиллированные соединения*
 олигомерные 3/744
 определение 2/1216; 5/819
 перфторированные 3/648, 980, 981, 1163, 1164
 полимерные 2/817, 818, 1267; 3/1163, 1167; 5/951
 применение 3/1167–1169
 структурно-механический барьер 2/817, 1183
 текстильно-вспомогательные 4/1012, 1013
 технологические, см. *Пластичные смазки*
 фторированные 5/393, 394, 395
 цвиттер-ионные 3/1166, 1167
 шликерные 2/735
- Поверхностное натяжение** 3/1170, 1171, 1172; 2/146, 153, 154
 в критическом состоянии 2/1074
 и адгезия 2/1182
 и адсорбция 3/301, 302, 1159–1163, 1173
 и закон соответственных состояний 4/763
 и импедансный метод 2/429
 и капиллярные явления 2/611–613
 и когезия 2/1182
 и лиофильность (лиофобность) 2/1181–1183
 и мономолекулярный слой 3/260
 и моющее действие 3/283
 и пенообразователи 3/648
 и поверхностная активность 3/1159–1163
 – энергия 3/1161
 и теория подобия 3/1183, 1185
 и химический потенциал 5/500
 и электродные потенциалы 2/3
 и электрокапиллярные явления 5/844, 845
 растворов 2/859
 регулирование, см. *Поверхностно-активные вещества*
 эффект Марангони 2/1305
- Поверхностные явления** 3/1172, 1174; 2/146, 156; 5/177, 178, 466
 адгезионные, см. *Адгезия*
 адсорбционные, см. *Адсорбция, Поверхностно-активные вещества, Поверхностное натяжение*
 диффузия 1/60; 2/198
 для однородных тел, см. *Когезия*
 и межфазные скачки потенциала 3/22, 23, 24, 47, 48, 431, 667, 1173; 2/521. См. также *Электроповерхностные явления*
 и моющее действие 3/283
 и равновесная граница кристаллов 3/1172, 1173
 и расклинивающее давление 4/345
 и слой двойной, см. *Двойной электрический слой*
 – мономолекулярный 3/260, 261
 изотермическая перегонка 2/153, 155, 816; 3/217, 829, 1172
 ионизация 2/1312; 4/152
 капиллярные, см. *Капиллярные явления*
 кипение 2/760–762
 коагуляция, см. *Коагуляция*
 коалесценция 2/818, 153, 155, 156, 816, 860, 1183; 1/789; 3/163, 903, 1172
 молекулярная динамика 2/859
 пептизация 1/1001; 2/339, 816, 1183; 3/283, 1173; 4/886
 при деформировании и разрушении 3/1173. См. также *Механохимия, Ребиндера эффект, Физико-химическая механика*
 самопроизвольные 3/1172, 1173
 смачивание, см. *Смачивание*
 спекание, см. *Спекание*
 уравнение Гиббса, см. *Зарождение новой фазы*
 химия, см. *Коллоидная химия*
 электрокапиллярные, см. *Электрокапиллярные явления*
 электрокинетические, см. *Электрокинетические явления*
- Поверхность(и)**
 ликвидуса и солидуса 2/63, 64
 потенциальной энергии 3/1174, 142, 206, 223, 467, 468, 1175–1178; 1/45, 121–125; 2/124, 125, 723, 755, 855, 906–909, 911, 916–918; 4/120, 159, 160, 407–409, 419, 421–423, 688–691, 693, 749, 872; 5/26–28, 351, 353, 464, 476, 868, 952, 1056, 1057
 твердых тел, анализ (диагностика) 2/507, 508, 511, 512, 1212, 1213; 3/239, 240, 654, 655; 5/869–874, 877–880
 – действующие, закон 2/688, 689
 – испарение жидкости, формы 2/762
 – концентрация веществ 2/915
 – кривизна и давление паров 3/1174
 – легирование 3/1154
 – нанесение покрытий, см. *Гальванотехника, Лакокрасочные покрытия, Нанесение вакуумное*
 – неоднородные 2/50, 52, 53, 691; 3/1173. См. также *Дефекты в кристаллах*
 – обновление, теория 2/1303
 – однородные 2/689–693. См. также *Когезия*
 – подготовка, см. *Полирование, Травление, Химико-термическая обработка*
 – потенциал нулевого заряда 4/153, 154; 3/2, 3, 408, 429; 5/106, 839, 922
 – структурно-механический барьер 2/817, 1183
 – Ферми 2/77; 4/995
 – физическая химия, см. *Поверхностные явления*
 – экви- и неэквипотенциальные, см. *Коррозия металлов*
 фазовые атомных орбиталей 3/779, 780
 хиральная 5/538
- Повианид 3/1236
 Повиден 1/716
 Поворотная изомерия 2/369. См. также *Внутреннее вращение молекул*
 Погасание смесей, см. *Горение*
 Поглощители
 влаги 1/787; 2/322, 1209
 для очистки газов 2/255; 5/619
 запахов 2/19
 ионизирующих излучений 2/244, 503; 4/685
 масла 2/592–596, 845, 846; 4/1115
 Поглощенные дозы ионизирующих излучений 2/216, 219–221, 499, 503
 Погонажно-профильные материалы 3/1234
 Погрешность анализа (измерений) 1/685, 686, 699–701; 3/136–139, 639–644; 4/179, 181–183
 Подбильяка экстракторы 5/832
 Подвижность
 ионов 5/863–867, 899–901, 923
 носителей заряда 4/103, 112; 5/863–867
 частиц в конденсированных средах 2/198, 199
 Подвигание, режим 3/336, 337
 Подвешенные и частично вспененные пластмассы 3/904, 905
 Подвулканизация 1/844, 846, 847; 2/187, 631; 3/1116
 Подделочные камни 3/1193
 Подземные воды и рассолы 1/768, 772, 773; 2/1201, 1246; 3/1193
 Подземные процессы
 выщелачивания 1/868, 869, 1021; 2/1246; 3/7, 369, 416
 газификация твердых топлив 1/881, 882, 883; 2/597
 гидротермальные 1/1109
 коррозия 3/1179, 1180; 2/322, 956
 Подзол 2/348
 Подкраскивающие средства 1/657; 3/282, 284
 Подложки 5/765
 в планарной технологии 3/1103–1106
 для лакокрасочных покрытий 2/1129–1132
 для линпих лент 2/1192
 для радиопоглощающих материалов 4/332
 для репрографии 4/502, 503
 для фотобумаг 1/624, 625; 5/315, 317, 318, 323
 для химического газоосаждения 5/503
 для эпитаксиальных пленок 1/875; 2/318; 4/112, 116, 117; 5/958
 и пленкообразователи, адгезия 3/1139, 1140
 из германиевых гранатов 1/1035
 Подмыльный шлох 3/303
 Подобия теория 3/1180, 193, 947, 1181–1186; 1/1105; 2/543, 1257, 1301; 4/351
 Подрешетный продукт, см. *Грохочение*
 Подсинаивающие средства 1/657; 3/284, 1011; 5/62
 Подсластители 1/395; 3/1090; 5/119, 121
 Подсольная вода 3/1054, 1055; 4/100, 101
 Подсолнечное масло 3/1186, 302, 395, 730, 750; 1/749, 1085; 4/377–381, 383, 478, 573, 743
 Подсочка 2/1165
 Пожарничко уравнение 4/182
 Пожарная опасность 3/1186, 865, 1187–1191. См. также *Пожары*
 и взрывоопасность 1/703–705; 3/1187–1191
 и воспламенение 1/830–832; 3/1187 и горение 1/1164, 1171
- и горючесть 1/1175–1177; 2/103, 562, 706, 708, 838
 и огнестойкость конструкций 3/646, 647, 1187
 и самовозгорание 3/1187; 4/571–573
- Пожары** 3/1086
 защита 3/1190, 1191
 опасные факторы, см. *Пожарная опасность*
 пределы распространения огня 3/646, 647
 профилактика 3/1187–1189
 сигнализаторы загорания 4/666, 667, 1080; 3/1190
 стандартные 3/646, 647
 тушение 3/648, 649, 922, 1190, 1191; 4/666
- Позитивный процесс** 5/324, 325, 452–456
Позитроний 1/787; 3/31, 32; 5/475, 931, 1016
Позитроны 1/787; 2/216, 500, 501, 503; 3/31; 4/244, 315, 316; 5/929, 930, 932, 1016
- Показатель(и)**
 десорбируемости 2/691, 692
 критические 2/1073
 неоднородности поверхности 2/692
 преломления 2/292, 301, 421; 4/513–516
 титрования 2/447
 Покан 3/1220–1222
- Покрывное крашение** 2/996, 997
- Покрывает**
 антикоррозионные, см. *Коррозионностойкие материалы*
 антипригарные 3/894
 антифрикционные 2/961; 5/760, 896
 горячие 2/950
 декоративные, см. *Декоративные материалы*
 дорожные 2/16, 594, 595, 1175
 защитные, см. *Защитные покрытия*
 ионочувствительные 4/628
 искусственные травяные 5/167
 лакокрасочные, см. *Лакокрасочные покрытия*
 металлические 1/973–977; 2/949, 950; 3/71, 72, 86, 87, 243, 246; 5/926
 огнезащитные 3/646, 647
 озоностойкие 4/204
 оптические 3/776, 777; 5/503
 органосиликатные 3/806
 порошковые 4/142–144
 расплавно-солевые 5/926
 рельефные, см. *Фотолитография, Фоторезисты*
 светоотражающие 2/1129
 светящиеся 2/1129
 твердые смазочные 2/961; 4/728, 1007
 термондикаторные 2/1289
 эмалевые, см. *Эмали*
- Полиан модель, см. Полиани модель**
- Поле(я)**
 адсорбционное силовое 1/53
 ионизирующих излучений 2/499
 квазиэнергетические состояния 2/728
 квантовое 2/721
 кристаллическое, теория 2/1057, 722, 920, 1058, 1059, 1232; 1/856, 1055; 3/236; 4/120–122; 5/463, 790, 888
 лигандов, теория 4/121, 120, 122, 257; 2/722, 920, 1057–1059, 1222; 3/236, 949; 5/463
 нулевое, расщепление 4/797, 798
 орошения 3/861

- самосогласованное, метод 4/575, 576; 2/722; 3/233–236, 391, 893; 5/875
- сравнения фотометрические света 5/652
- Полевые методы**
десорбция 2/1311
ионизация 2/1311; 5/629
сенсорные 4/628
- Полевые шпаты** 3/1191, 633, 724, 838, 1192, 1193; 1/221, 1018, 1035; 2/559, 1064; 4/674, 678, 680, 681, 972, 1006; 5/112–114, 205
- Полезные ископаемые** 3/1193, 1194; 1/1021; 4/560; 5/469, 470. См. также отдельные химические элементы гидроминеральные, см. *Минеральные воды*, *Подземные воды*
- горючие, см. *Каустобиолиты* кондиции 3/1194
- металлические, см. *Руды*
- неметаллические 3/405, 406, 1193, 1194; 4/559, 561
- обогащение, см. *Обогащение полезных ископаемых*, *Флотация*
- ореолы рассеяния 1/1016, 1019, 1021
- поиск, геохимические методы 1/1016, 1017, 1019, 1021, 1022
- Поленское число 5/551
- Полеэстрон 3/1226
- Получность материалов 3/144, 1161; 4/489
- Полиадамантилакрилаты 1/35
- Полиадеинозиндифосфаттрибозилирование 3/200
- Полиазеотропия 1/65
- Полиазокрасители 1/81–83, 91
- Полиакриламид(ы) 3/1194, 159, 588, 637, 719, 859, 1089, 1168, 1195, 1205, 1269; 1/109, 114, 768, 1002; 4/191, 293, 502, 1012; 5/41, 149, 203, 204
- Полиакрилаты 3/1195, 106, 114, 390, 1139, 1140, 1192, 1196, 1263, 1267; 1/640, 1148; 2/92, 233, 834; 4/20, 35, 661; 5/402, 535, 581, 949, 977. См. также *Акрилаты*
- Полиакриловая кислота 3/1196, 1169, 1195, 1230; 1/116, 117; 4/1012
- Полиакриловые клеи 2/807; 3/70; 4/716
- Полиакриловые лаки 3/1196, 1197; 4/21, 22
- Полиакрилонитрил 3/1197, 202, 515, 1169, 1198, 1199; 1/117, 652; 2/120; 4/168, 169, 200, 204, 507, 926, 1082; 5/40, 204, 447, 817
- Полиакрилонитрильные волокна 3/1198, 106, 192, 366, 435, 516, 803, 804, 809, 833, 1199, 1200; 1/118, 802–805, 807, 903; 2/1166; 4/1082, 1083; 5/22, 47, 48, 157, 233–236, 447
- крашение 2/149, 151, 699–701, 977, 991–993; 3/131, 676
- набивка 3/997
- отбеливание 3/836, 837
- формование 2/993
- Полиакролеин 1/119
- Поли-β-аланин 1/114
- Полиалкенилены 3/104
- Полиалкилбензолы 2/380
- Полиалкилвинилены 3/1225
- Полиалкилен-4-амино-1,2,4-триазолы 4/48
- Полиалкиленамины 3/741
- Полиалкиленгликоли 3/277, 717, 718; 4/698
- Полиалкиленгликольмалеинаты и полиалкиленгликольсulfураты 3/1200, 742, 839, 1201; 2/212, 1274; 4/92, 95
- Полиалкиленкетоны 5/341
- Полиалкиленоксиды 4/93, 94
- Полиалкиленсульфоны 4/43, 44
- Полиалкилирование 1/159; 3/727
- Поли-н-алкилметакрилаты 4/20, 21
- Полиалкилсилосаны 1/286
- Полиалкилстиролы 1/286
- Полиалкилфенилсилоксаны 5/128
- Полиалкилфенолы 5/141
- Полиалкокксилканы 5/208
- Полиалкокксилосилканы 1/171
- Полиалкокксифосфазены 5/933
- Полиаллиламин 3/1212
- Полиаллиловый спирт 5/306
- Полиалиомеры 4/766
- Полиальгинаты 5/204
- Полиальдегиды 4/37
- Полиалюминаты 3/351
- Полиалюмоорганосилоксаны 2/1014, 1017; 5/934
- Полиалюмоорганосиликаты 5/934
- Полиамидамины 3/1211; 4/86
- Полиамидирование 3/1207, 1240, 1260
- Полиамидные волокна 3/1201, 145, 262, 435, 436, 516, 803, 804, 809, 1202–1205, 1239, 1251; 1/334, 802–806; 2/100, 325, 397, 615, 616, 1091, 1140; 4/58, 64, 1013–1016; 5/144, 232–234, 726. См. также *Капрон*, *Найлон*
- бутификация 1/623
- крашение 1/127; 2/149, 151, 152, 700, 775, 991–994, 1097; 3/131, 543; 4/255; 5/221
- модифицирование 2/700
- набивка 3/997, 998
- отбеливание 3/836, 837
- формование 2/994
- шлихтование 3/70
- Полиамидобензимидазолы 4/1082–1084
- Полиамидоимиды 3/1136, 1139, 1210, 1246; 4/1082–1084
- Полиамидокислоты 2/807; 3/202, 1136, 1245, 1246, 1248, 1258, 1261; 4/71; 5/238
- Полиамидоксисмы 3/1218
- Полиамидопиромеллитимид 4/1082
- Полиамидоуретаны 4/52
- Полиамидоэфир 2/379
- Полиамиды 3/1205
- алифатические 1/788; 2/648, 1215; 3/1201–1210, 1260; 4/58, 64
- ароматические 1/252, 387; 2/653; 3/1202, 1205, 1209, 1210. См. также *Поли-п-бензамид*, *Полигидроксимидазы*
- фенилендиаминные, см. *Поли-м-фенилендиамин*, *Поли-п-фенилендиамин*
- волокна, см. *Полиамидные волокна*
- карповые 2/653
- клеи 2/808
- краски 4/142, 144
- крашение 4/18, 19
- металлонаполненные 3/86, 87
- пленки 3/437, 1136–1139
- получение 1/46, 64; 2/82, 83, 215, 615, 673; 3/21, 117, 347, 1207–1210; 4/71, 165, 525; 5/123, 124, 142, 381, 566. См. также *Полиамидирование*
- применение 2/868; 3/1120, 1210; 5/835, 961, 962
- свойства 1/270, 334, 502, 757, 859, 943, 956; 2/212, 808, 834; 3/159, 803, 902, 1029, 1067, 1120, 1136–1139, 1220, 1255, 1259, 1261; 4/195, 449, 589, 723, 805, 816, 833, 1013, 1056, 1075, 1082–1085; 5/41, 137, 288, 306, 447, 817, 964
- стеклопластики 4/844–846
- угольной кислоты, см. *Полимолекулы*
- 6, см. *Поли-ε-капроамид*
- 6,6, см. *Полигексаметиленадипин-амид*
- 6,10, см. *Полигексаметиленсебацин-амид*
- 12, см. *Политодеканамид*
- Полиаминоамидокислоты 3/1213, 1214
- Полиаминоимидазолины 5/962
- Полиаминоимиды 3/1213
- Полиаминокислоты 3/1211
- Полиаминополиэфир 5/975
- Полиаминоспирты 3/1211
- Полиамины 3/1210, 838, 1211, 1212; 1/265, 269, 641; 2/81, 286, 549, 986, 1078; 4/520, 969, 1264; 5/960, 962, 964
- Полиамфолиты 1/289; 2/408, 504; 4/77, 78; 5/204
- Полиангидризация 3/1212
- Полиангидриды 3/1212; 1/299
- Полианионы 5/38
- Полиант 2/1291
- Полиантимонаты 4/943
- Полнарены 5/59
- Полиарилаты 3/1212, 21, 1120, 1136, 1213, 1259, 1261; 1/994; 2/95, 397, 653, 834; 4/95, 816, 1056, 1084; 5/142. См. также *Поликарбонаты*
- Полиарилвинилены 3/1225
- Полиарилен-4-амино-1,2,4-триазолы 4/48
- Полиарилен-4-амино-1,2,4-триазолы 4/47, 48
- Полиарилен-4-фенил-1,2,4-триазолы 4/47, 48
- Полиарилрование 4/61
- Поли(арилон-бис-бензимидазолы) 3/1213, 377, 1214, 1215, 1240; 2/1166; 4/70, 1084
- Полиарисинаты 2/923
- Полиацетатиллен 1/419, 420
- Полиацетаты 1/343; 3/1120; 4/93, 94, 844, 1085
- Поли(о-ацетамидо)амины 3/1217, 1218
- Полиацетил(ы) 3/1215, 79, 100, 350, 1215, 1216, 1224, 1225, 1238, 1243, 1261; 2/550; 4/503, 851, 852; 5/713, 876. См. также *Поливинилены*
- Полибазит 4/637
- Поли-п-бензамид 3/1216, 1209, 1217
- Полибензилпиридинийхлориды 2/693, 694
- Полибензилхлориды 2/694
- Поли-бис-бензимидазолафенантролин-дионы 3/1213–1215
- Полибензимидазолы 3/1217, 1214, 1218, 1240; 4/70, 1082–1084
- Полибензимидазолапирролы 3/1213–1215
- Полибензоилбензимидазолы 3/1213–1215
- Полибензоксазолы 3/1218, 1210, 1219, 1240; 2/653; 4/70, 1082, 1084
- Полибензотриазолины 3/1219
- Полибензотриазолы 3/1219, 1210, 1218; 4/1082
- Полибораты 1/581
- Полиборные кислоты 1/580, 586
- Полибрен 1/322, 330
- Полибромиды 3/1237, 1238
- Полибутилен(ы) 1/310, 631–635, 845, 859; 2/666, 705, 922; 3/104, 342, 445, 732; 4/842, 849–852; 5/817
- Полибутилендиолы 1/1045
- Полибутен 3/1219, 1220; 1/639, 640; 4/28
- Поли-1-бутен 3/1219, 1220; 4/850–852
- Полибутилакрилаты 1/641; 3/1196
- Полибутиленадипинат 5/86
- Полибутилентерефталат 3/1220, 1221, 1222; 4/91, 95, 1087
- Полибутилметакрилаты 1/648
- Полив, метод формования 4/10, 11
- Поливанадаты 1/670–672
- Поливанадиевые кислоты 1/670
- Поли-Н-винил-γ-аминомасляная кислота 3/1229
- Поливинилалкилсульфонаты 3/1228
- Поли-Н-виниламиды 5/951
- Поливиниламины 4/78; 5/204
- Поливинилацетаты 3/1222, 1119, 1223, 1228, 1231; 1/1207; 2/803, 808; 4/93, 94, 449
- на основе масляного альдегида, см. *Поливинилбутираль*
- формальдегид, см. *Поливинилформаль*
- Поливинилацетат 3/1223, 107, 159, 436, 671, 1222, 1224, 1227, 1228, 1232, 1263, 1265, 1267; 1/623, 713, 717, 788, 790, 860; 2/40, 199, 799, 806, 1129, 1150; 4/162, 444, 507, 508, 732; 5/137, 660, 951
- клен 2/808
- краски 1/788, 790
- латексы 2/837; 3/284
- эмульсии 2/232, 328
- Поливинилбутиловый эфир 1/454; 2/310; 3/1227
- Поливинилбутираль 3/1223, 991, 1222, 1224; 1/831; 2/92, 804, 808, 1014, 1298; 4/142, 508; 5/964
- Поливинилбутиральфурфураль 2/804
- Поливинилгексанат 3/1227
- Поливинил-2-гидроксиметиловый эфир 3/1226
- Поливинилены 3/1224, 79, 1215, 1225, 1243; 5/713. См. также *Полиацетилены*
- Поливинилиденеовые волокна 5/389
- Поливинилиденфторид 1/714; 2/522; 3/1243; 4/285, 607; 5/389, 395, 402–404
- Поливинилиденхлорид 1/130, 715; 3/1136–1139, 1243; 4/508; 5/22, 835
- Поливинилизобутиловый эфир 2/699
- Поли-Н-винилкарбазол 3/1226; 2/619; 4/502, 503
- Поливинилкеталь 3/1223
- Поливинилкислот 2/1228
- Поливинилметилитовый эфир 2/1151; 3/1226, 1227
- Поливинилиафталин 4/850
- Поливинилнитрат 3/1228
- Поливиниловые эфиры 3/1226, 1227, 1228; 1/454, 717; 2/310, 699, 1151
- Поливиниловый спирт 3/1228, 159, 202, 436, 911, 1169, 1223, 1224, 1227, 1230, 1232, 1233, 1243, 1264; 1/318, 502, 718, 757, 788, 860, 1002; 2/40, 799, 808, 818, 1078; 4/21, 247, 397, 444, 507, 508, 597, 1012, 1013; 5/41, 128, 134, 204, 333, 341, 389, 447, 949, 950
- волокна, см. *Поливинилспиртовые волокна*
- пленки 3/86, 1228
- Поливинилпиридины 3/1228, 1212, 1229, 1263; 1/721; 4/77, 505; 5/204
- Поли-Н-винилпирролоидон 3/1229, 993, 1089, 1230; 1/722; 2/550, 1078, 1140; 5/951
- Поливинилпропионат 4/207
- Поливинилспиртовые волокна 3/1230, 803, 804, 1228, 1231; 1/623, 803, 804; 5/47, 157, 231, 233–236
- Поливинилстеарат 3/1227
- Поливинилсульфат 4/519
- Поливинилтолуол 4/445; 5/204
- Поливинилтриметилсилан 1/798, 905; 2/199, 1018
- Поливинилформаль 3/1231, 902, 1222, 1232; 5/871

- Полвинилформальэтиль 2/804; 3/1222, 1223
- Полвинилфосфаты 3/1228
- Полвинилфторид 1/722; 3/1136; 5/389
- Полвинилхлорид 3/1232, 1222
волокна, см. *Полвинилхлоридные волокна*
- газонаполненный, см. *Пенополвинилхлориды*
- клен 2/808, 809
- краски 4/142
- крашение 1/114; 2/1001; 4/142
- металлонаполненный 3/87
- пластифицированный 1/65; 2/328; 3/1114, 1116, 1117, 1136–1139; 4/607
- пленки 2/997; 3/86, 1136–1139; 4/199
- получение 1/948; 2/553; 3/1232, 1233, 1266; 4/305; 5/951
- применение 2/522; 3/327, 1113, 1233–1235; 4/130. См. также *Винилласт, Пластикат*
- растворы, см. *Студии*
- свойства 1/334, 402, 724, 725, 757, 860, 1067, 1163; 2/39, 92, 187, 208, 233, 322; 3/54, 123, 159, 202, 378, 683, 712, 728, 763, 862, 864, 905, 1013, 1016, 1119, 1120, 1232, 1235, 1268; 4/200, 291, 502, 668, 842, 926, 1098, 1100, 1127, 1246; 5/87, 137, 288, 305, 554, 640, 708, 724, 981
- синдиотактический 4/851
- сплавы 4/732, 734
- теплостойкий 3/1235
- ударопрочный 4/168, 169
- хлорированный 3/1235, 905, 991, 1139, 1140, 1236, 1264; 1/151–153; 2/805, 808; 4/29
- экструдер 3/1113
- Полвинилхлоридные волокна 3/1236, 121, 436, 1235, 1237; 1/715, 725, 803, 805; 2/324, 992, 993; 5/22, 47, 233–236
- Полвинилциклогексан 4/851, 852; 5/446
- Полвинилпирролидон 5/341
- Полвинилэтиль 3/1222
- Полывольфраматы 1/813, 821, 822
- Полигалактуроназы 3/896; 5/93
- Полигалактуроновая кислота 2/423
- Полигалит 1/956; 2/570, 1233, 1251; 4/904
- Полигалогензамещенные углеводороды 2/10; 3/938
- Полигалогениды 3/1237, 11, 12, 1238; 1/949, 950, 970; 2/10, 495; 5/275
- Полигалогенсульфоны 2/9
- Полигалогенфенолы 5/141
- Полигалогенэфир 2/202
- Политар 1/334; 4/815
- Политексаметиленадипамид 3/1238, 1239
- Политексаметиленадипинамид 3/1238, 1120, 1136, 1201, 1202, 1204–1208, 1210, 1239, 1260; 1/47, 803–805, 989; 2/82; 4/1054; 5/232
- Политексаметилеугуанидин 3/1239; 1/1210
- Политексаметиленимин 1/990
- Политексаметиленсебацнамид 1/788, 989; 3/1205, 1207, 1208, 1210; 4/607
- Политексен 4/850
- Поли-1-гептен 4/851
- Политетраарены 5/59
- Политетраарилы 3/1239, 1210, 1217–1219, 1240, 1260, 1261; 2/834, 1166; 4/71, 449, 1083
- Политриазиды 3/1240, 1261; 4/48, 71
- Политриоксалькены 2/639
- Политриоксальдегиды и политриоксикетоны 3/263, 689; 5/7, 37
- Политриоксинамиды 3/1240, 1218
- Политриоксинамтрахиноны 3/689, 690; 4/588
- Политриоксисбензальдегиды 1/347; 5/203
- Поли-л-триоксисбензоат 3/1212
- Политриоксинамбензильные соединения 5/7, 36–39
- Политриоксисметилированные соединения 2/603
- Политриоксис-1,4-нафтохиноны 3/706, 707
- Политриоксифенолы 4/1197
- Политриоксисилокестаны 2/280, 281
- Политриоксинитерифталат 3/1212
- Политриоксин 1/1133, 1134; 3/127, 1125; 4/90, 199, 201, 1088
- эфир 2/648; 3/717, 1165, 1166; 4/698; 5/991
- Политриоксид(ы) 3/1240, 1241; 2/1141; 4/87, 91
- Политриоксин 2/1078
- Поли(1→4)-β-D-глюкопиранид 4/34
- Политриоксические краски, см. *Краски*
- Политриоксическая рецептура 2/9
- Политриокс 2/1078
- Политриоксирибонуклеотид-синтетазы 3/1241, 300, 1242; 2/1170
- Политриоксидные лиганды 2/920, 926, 1035
- Политриоксидные соединения 1/225
- Политриоксидные красители 2/980
- Политриоксидфталаты 2/397; 4/1056
- Политриоксидсилан 2/1015
- Политриоксидгликоид 3/1240, 1241
- Политриоксиды 1/310, 1148; 4/52; 5/730
- Политриоксид 3/1262, 1263
- Политриоксид 1/1028, 1029
- Политриоксидметилдиаминметилхлорид 3/1212
- Поли-3,6-диметил-1,4-диоксан-2,5-дион 3/1262, 1263
- Политриоксиддиоксифенолы 5/136
- Политриоксидсиланы 2/1015, 1016; 3/800
- Политриоксидсилиленметилсил 2/1016
- Политриоксидсиллил-л-фениленэтилен 2/1018
- Политриоксидсилосиланы 1/757, 861, 918, 1045; 2/199, 1014, 1016, 1018; 3/218, 1089, 1213; 4/167, 171, 439, 842
- Политриоксидфениленоксиды 2/15; 4/59, 60, 94
- Политриоксид 3/486
- Поли(1,4-диоксан-2,5-дион) 3/1240
- Политриоксидперенос
- пигментов 3/1009
- полимеров 3/218, 220, 221. См. также *Молекулярно-массовое распределение*
- Политриоксидфениленилы 3/1225
- Поли-4,4'-дифениленоксид-4-фенил-1,2,4-триазол 4/47, 48
- Политриоксидфенилоксидпиромеллитимид 1/805; 3/1136, 1247, 1248
- Политриоксидфенилосилан 4/173
- Политриоксидфосфинаты 2/923
- Политриоксидфтор-л-ксилилен 3/1262
- Поли-2,5-дихлорфениленоксид 4/59
- Политриоксидфосфазен 4/65
- Политриоксидциклопентадиен 3/104
- Политриоксидгликольдиаминитриатсебацнат, дибутлат 3/1117
- Политриоксидсилилатан 2/1016
- Политриоксидсилосан 4/167
- Поли-1,12-додекаметиленипиромеллитимид 3/1247
- Политриоксиданамид 1/788; 3/1136, 1204, 1207, 1208, 1210; 5/725, 726
- Полиены 3/1242, 406, 1225, 1243; 1/320, 321, 377, 753; 2/97, 98, 274, 275; 4/767, 927; 5/413, 643, 644, 736
- антибиотик 1/264, 320, 321; 2/1152, 1262, 1263; 3/499; 4/227–230, 1097, 1136
- витамины, см. *Витамины А и D*
- высокомолекулярные, см. *Полиенилы*
- изопреноиды, см. *Каучук натуральный, Терпены*
- как красители 2/972
- кислоты 2/1157; 5/269
- комплексы переходных металлов 1/823; 2/274, 275; 3/82, 476, 478
- макроциклические, см. *Анулены*
- оксепин(ы) 3/684, 685
- Политриоксид 3/1243, 277, 907, 1114, 1126, 1244, 1245, 1267; 1/286, 639, 640, 645, 861, 1045; 2/310, 673, 706–708, 808, 809, 880, 1149, 1192; 4/28, 173, 445, 494, 851, 1115; 5/69, 126, 799
- Политриоксиды 2/378; 4/1262. См. также *Полиизопрены*
- Политриоксиды 1/310, 845; 2/199, 375, 673, 922, 1149; 3/661; 4/842, 849, 851, 852, 1087; 5/712, 817. См. также *Гуттаперча, Каучуки изопреновые синтетические, Каучук натуральный*
- Политриоксидацианаты 4/1169
- Полн-м-изофталамид 4/1082
- Политриоксиды 2/184, 185, 406, 805, 806, 809; 3/909, 1197; 4/51, 54, 443; 5/238
- Политриоксиданураты 3/902
- Полннмидоамиды 1/514
- Полннмиды 3/1245, 202, 802, 902, 1120, 1210, 1214, 1240, 1246–1249, 1259, 1261; 1/121, 514, 515, 989; 2/80, 83, 215; 4/30, 70, 71, 333, 723, 842, 844, 1082–1085; 5/123
- волокна 3/809; 4/1083, 1084
- карповые 2/653
- клен 2/807
- композиты 1/593; 2/878, 880; 3/87
- пленки 3/1136–1139, 1245, 1247–1249; 5/238
- Полннмиды 4/83, 84
- Полннмиды 2/440, 1101
- Полнннзинполицитидиновая кислота 2/427
- Полннны 3/1249, 406, 407, 1243, 1250; 5/736
- Полнннннны 2/495; 3/1237, 1238
- Полннны 3/1263. См. также *Полиэлектролиты*
- Поли-И-поли-Ц 2/427
- Поли-ε-капроамид 3/1250, 1120, 1136, 1201, 1204–1208, 1210, 1220, 1251; 1/310, 572, 757, 788, 803–806; 2/615, 616, 673; 4/87, 1054; 5/167, 232–234. См. также *Капроин*
- Поликапролактон 4/732
- Поли(9-карбазолил)этилен 3/1226
- Поликарбамиды 4/24, 25. См. также *Полиметилы*
- Поликарбиды 5/417
- Поликарбониды 3/902
- Поликарбонисбензимидазолы 3/1213, 1214
- Поликарбонисэтилен 3/1195, 1196
- Поликарбонаты 3/1251, 21, 902, 1120, 1211, 1221, 1252–1254, 1259, 1261; 1/334, 859, 994; 2/95, 96, 1001; 4/59, 95, 200, 734, 840, 842, 1013, 1054, 1085; 5/41, 238, 446, 835
- волокна 4/87, 91
- пленки 3/1136–1139
- смолы 3/856
- стекла 4/841
- стеклопластики 4/844–846
- Поликарбонные кислоты 2/116; 4/500
- Поликарбосиланы 2/1016, 1018; 5/933
- Поликарбосилокестаны 2/1018
- Поликетины 1/148
- Поликетиды 2/504, 701, 702; 3/202; 4/77, 78. См. также *Комплексы*
- Поликомплексы 4/19, 20
- Поликонденсация 3/1254, 34, 35, 280–282, 568, 742–743, 1201, 1255–1259, 1270; 1/860, 861, 1092, 1209; 2/95, 236, 520, 693, 803, 889, 924, 1006, 1007, 1166, 1266, 1267; 4/38, 44, 59, 60, 84, 87, 91, 94, 200, 416, 446, 448, 449, 662, 765, 1087; 5/85, 135, 136, 933, 934
- аддиционная, см. *Полиприсоединение*
- азеотропия 3/1261
- акцепторная 3/1212, 1258, 1260; 4/95
- амидирование 3/1207, 1240
- ангидридная 3/1212
- в расплаве 3/1259, 1207, 1208, 1253, 1260, 1261; 4/71
- в растворе 3/1260, 1207, 1253, 1261; 4/25, 71, 95
- в твердой фазе 3/1261, 1207, 1259; 4/71
- внутримолекулярная, см. *Полициклизация, Полициклоконденсация*
- высокотемпературная 3/1212, 1213, 1259, 1261
- гетерофункциональная 2/1017
- гидролитическая 2/1017, 1021; 3/1239; 5/998
- золь-гель процесс 1/1001, 1002; 4/839
- и полимеризация 3/1255, 1257
- и сополиконденсация 4/763, 764
- и спин-меченые макромолекулы 4/791
- каталитическая 3/1208, 1209, 1212, 1257, 1258, 1260, 1261; 4/62, 95, 943; 5/136
- кинетика 3/1257, 1258
- линейная 3/1254, 1258
- матричная 2/1325, 1326
- межфазная 3/21, 22, 159, 1209, 1210, 1253, 1254, 1258, 1259; 4/95
- мономерная 3/1254, 1255
- необратимая 3/1255–1258, 1261
- неравновесная 3/1255–1259, 1261; 4/32, 41, 95
- низкотемпературная 3/1210, 1212, 1217–1219, 1240, 1259, 1261; 4/58, 1084
- обратимая 3/1261
- окислительная, см. *Дегидрополиконденсация*
- отверждение 3/839, 840
- принцип многократного удвоения 3/1256
- прямая 3/1210
- равновесная 3/1255–1258, 1259, 1261
- радикальная 4/32
- рекомбинационная, см. *Полирекомбинация*
- степень завершенности 3/1257
- супермолекулярная 3/21
- термическая 3/1239
- трехмерная 3/1254
- эмульсионная 3/21, 1210, 1212, 1261; 4/95
- этерификация 3/1240; 4/95
- Поликоординация 2/924
- Поликор 3/774
- Поликремниевые кислоты 2/817, 1006, 1007; 5/203
- Поликристаллы 2/52, 53, 55, 1059, 1064; 3/74, 75, 1172; 4/994; 5/105
- анизотропия 4/575
- и лиофобность 2/1183

- люминофоры 2/1225
оптические 3/773–777
рентгеновский анализ, см. *Рентгенография*
спектры 3/68
твердые электроды 5/861, 862
Поликсен 3/1128
Полн-л-ксилилены 3/1262; 2/1093; 4/87, 1084
Полилактид 3/1262, 1263; 2/1141; 4/91
Полималеинаты 3/1200, 1201
Полмарции 5/987
Полимеричные композиты 2/877
Полимераналогичные превращения 3/1263, 202, 1211, 1216, 1240, 1264; 1/289, 859, 860; 2/520, 701, 924, 1267; 4/614, 888, 1083; 5/236, 237, 306, 934
Полимербетон(ы) 3/1264, 273, 445, 1265; 1/564, 871; 2/1101, 1151; 4/1
Полимергомологи 1/858, 1163
Полимеризация 3/1265, 407, 444, 445, 515, 1266; 1/140, 656, 857, 860, 1001, 1002, 1158; 2/109, 376, 377, 404, 520, 559, 623, 924, 1005, 1137, 1200; 4/416, 662; 5/933, 934
анионная, см. *Анионные реакции*
бисерная 4/953
блочная, см. *Блочные процессы*
блочно-суспензионная 4/41
в звуковых полях 5/60
в каналах клатратов 2/799
в массе 1/572
в растворе 3/1267, 1266; 1/632, 635, 636; 2/706; 4/21, 413
взрывом 1/118, 702
влияние давления 1/1216, 1217, 1220
гетерогенная 3/1198, 1199, 1232, 1233
гидролитическая 3/1251; 5/725
гомогенная 3/1198, 1199, 1232
гомопревращения, см. *Гомополимеризация*
гранульная 4/953
дегидрогенизационная 2/1174
диффузионно-контролируемая 4/297, 307
жемчужная 4/953
заместительная 2/698
золь-гель процесс 4/839
и иммобилизация ферментов 2/422
и молекулярно-массовое распределение 3/221
и поликонденсация 3/1255, 1257
и спин-меченые макромолекулы 4/791
и стеклование 4/839, 840
изомеризационная 3/1228
ингибиторы 1/114, 118, 235, 640, 641; 2/226, 432; 3/838; 4/304, 305, 307, 869; 5/146, 221
инициаторы 1/636, 647, 648, 650; 2/466, 642, 653; 3/516, 978; 5/7
ионно-координационная 2/920
катализаторы, см. *Катализаторы полимеризации*
катионная, см. *Катионные процессы*
колебательный режим 2/851
координационная, см. *Координационно-ионная полимеризация*
матричная 2/1325, 1326
митрационная 4/29, 30, 95; 5/933, 934
на наполнителях 3/1268, 328, 1120, 1266, 1269
несопреженных диенов, см. *Циклополимеризация*
«низкомолекулярная», см. *Теломеризация*
низкотемпературная 2/1034; 4/917; 5/605
окислительная 2/286; 3/445
осадительная 3/1195
под действием света, см. *Фотополимеризация*
принцип стационарности 3/1266
присоединительная 2/698; 4/177.
См. также *Полиприсоединение*
радиационная 4/289, 293, 305; 3/984, 1266; 5/28
радикальная, см. *Радикальная полимеризация*
разных мономеров, см. *Сополимеризация*
регуляторы 4/1139
самопроизвольная 5/977
световая, см. *Фотополимеризация*
селективная 3/1250
степень 2/1263, 1264; 3/742, 743, 1257, 1258, 1266
стереоспецифическая 4/856, 30, 849, 857; 2/665, 874, 921; 3/1220, 1269; 5/730
суспензионная 4/953, 21, 40, 41; 3/978, 1198, 1233, 1266
твердофазная 4/999, 289, 412, 413, 1000, 1217, 1218; 3/147, 1266; 5/605
тепловой эффект 2/576
термическая 2/226; 4/39, 41
типа «голова к голове» 4/850
«голова к хвосту» 4/850
топохимическая 4/1217, 1218
туннельная 2/1034
ускорители 4/1142, 1143
цепиав 2/698, 755; 3/516, 1266; 4/70
Циглера-Натты 5/771
циклические режимы 5/718, 719
эмульсионная, см. *Эмульсионная полимеризация*
Полимерия 1/860
Полимеркаптоамид 3/1219
Полимерные материалы 4/1, 2; 5/495.
См. также *Пластики, Пластические массы, Полимеры*
абляция 1/1, 2
адгезивы, см. *Клеи синтетические*
антизоноанты 1/333, 402; 2/1140; 3/661, 996; 4/814, 816, 1088
антиокислители, см. *Антиоксиданты*
антиралы 1/336
антистатик 1/339, 340, 657; 3/683, 716–718, 724, 1119, 1196; 4/175, 189, 400, 580, 699, 700, 1015
антифрикционные 1/343, 344; 3/1220, 1221
бетон, см. *Полимербетон*
битумные 1/564; 2/868
бумажные, см. *Бумага*
волокнистые, см. *Волокна, Волокнистые материалы*
вяжущие 1/871
горючесть 3/646. См. также *Антипирены*
как химические дозиметры 2/221
кожа, см. *Кожа искусственная*
композиты, см. *Герметики, Компануды полимерные, Композиционные материалы*
крашение 3/17–19
лакокрасочные материалы 2/1242; 4/442
мастики 2/1319
мембранные, см. *Мембраны*
оптические 3/774, 776, 777. См. также *Стекло органическое*
переработка 4/2, 3–17, 82, 163, 542, 845, 970; 2/867; 3/144, 328, 712, 1119–1122, 1139, 1213, 1249, 1254. См. также *Пластификация полимеров, Формование, Экструзия полимеров*
пластичные смазки 3/1125, 1126
пленочные, см. *Пленки полимерные*
покрытия, см. *Покрывала*
порообразователи 4/133, 134
противостарители 4/239, 240
противоутомители 4/242, 243
радиационная стойкость 4/290, 291, 298
радиопоглощающие и радиопрозрачные 4/332, 333
резиновые, см. *Резины*
реология 4/484–490; 5/172
сварка 4/582, 583
светостабилизаторы 4/588, 589
светостойкость 4/590; 5/340, 341
теплоизоляционные 4/1041, 1042
термопластичные, см. *Термопластики, Термоэластопласти*
термореактивные, см. *Реактопластики*
термостойкие 3/675
фрикционные 5/371
Полимерные сетки 4/844
Полимерорастворимые красители 4/17, 18, 19; 2/993, 994; 3/953, 954
Полимер-полимерные комплексы 4/19, 20, 80, 732, 734; 2/153, 1326; 3/1196, 1211, 1229
Полимер-полимерные системы 4/732–734
Полимеры 1/857. См. также *Высокомолекулярные соединения, индивидуальные представители и их группы*
абляция 1/2
адгезия 1/36; 2/40; 3/1114, 1119, 1136
адсорбция мембранами 3/827
амок А1 3/1210
аморфно-кристаллические 2/1060
антипластификация 3/1118, 1119
атактические, см. *Атактические полимеры*
атмосферостойкость 1/402; 3/992; 4/590
бензо- и маслостойкость 1/502, 630, 716; 2/323, 324, 706, 708, 1129, 1150, 1151; 4/442, 443
бюрократия 1/549
блочные 2/1166. См. также *Блоксополимеры*
взаимопроникающие сетки 4/53, 57
влагопроницаемость 1/757, 630; 2/708; 3/1136, 1269
внутрикомплексные 2/923, 924
водостойкость 1/787, 788
гели, см. *Гелеобразные соединения*
гетероцепные, см. *Гетероцепные полимеры*
гибкоцепные, см. *Гибкоцепные полимеры*
гибридные 2/1267
гидрофильные и гидрофобные 1/756, 757
гомологи, см. *Полимергомологи*
гомоцепные, см. *Гомоцепные полимеры*
горючесть 1/1175–1177; 3/1252
гребнеобразные 2/289, 1266, 1267
двухтяжевые 2/1166
дейтерированные 2/610
деструкция, см. *Деструкция полимеров*
диффузия газов 2/199
дубители 2/236
жесткоцепные, см. *Жесткоцепные полимеры*
живущие 1/309; 2/673, 698; 4/1088
и олигомеры 3/742
изотактические, см. *Изотактические полимеры*
интеркомплексы 3/202
ионогенные, см. *Полиэлектролиты*
иономеры 2/515, 516; 4/2, 56, 1087
ионообменные, см. *Ионообменные полимеры*
как адсорбенты 1/55, 883, 884
как антигены 1/324
как диэлектрики 2/208
как заменители металлов 3/1221
как иммуноглобулины 2/425
как коагулянты 2/817, 818
как комплексоны 2/871
как лиганды 2/1172
как матрицы 2/521, 522; 3/327, 417, 662, 663, 805, 901–903, 907, 909, 1119, 1140
как носители в пептидном синтезе 3/932, 933
— — клеток микроорганизмов 2/463, 464
как ПАВ 2/817, 818, 1267; 3/1163, 1167
как пленкообразователи 1/340; 3/54, 1139, 1140
как полупроводники 3/1225; 4/108
как пьезоэлектрики 4/285
как сверхпроводники 4/584, 585
как твердые смазки 4/1007
характеристики 2/648, 649, 652; 1/594
карбоцепные, см. *Карбоцепные полимеры*
кардовые 2/652, 653; 3/1212, 1247; 4/26
клеящие, см. *Клеи*
когезия 2/834
коксовое число 2/844
конформации 2/914, 915, 1263; 3/52, 773; 4/369–371, 848–852
координационные, см. *Координационные соединения*
красители 3/1269, 1270
кристаллиты 3/1093
лестничные, см. *Лестничные полимеры*
линейно-кристаллические 2/1265
линейные, см. *Линейные полимеры*
материалы, см. *Полимерные материалы*
мезоморфные 2/286, 289
металлизация 3/71, 72, 751, 1138
металлосодержащие 4/96–98
механохимия 2/39, 40, 1263
модифицирование, см. *Модифицирование полимеров*
молекулы, см. *Макромолекулы, Макрорадикалы*
молекулярная масса, см. *Молекулярная масса полимеров*
молекулярные графы 1/1198, 1199
мономеры, см. *Гомополимеры, Макромонамеры, Мономеры, Сополимеры*
морозостойкость 3/1116, 1118
набухание, см. *Набухание полимеров*
надмолекулярные структуры 1/859; 2/208, 1061; 3/201, 202, 808; 4/56, 816
наполненные, см. *Наполненные материалы, Наполнители*
неорганические 3/418, 419, 420; 1/857, 859; 5/286, 617. См. также *Полифосфазы*
неполярные 1/1045
нестереорегулярные 1/858
огнестойкость 3/1116, 1117
однотяжевые 2/1166
окислительно-восстановительные 3/662, 663
отверждение, см. *Отверждение пигменты* 2/975
плавление 3/1093
пластификация 3/1114, 146, 147, 1115, 1116; 2/40, 704
пластификация 3/1118, 201, 273, 743, 1119, 1223; 4/734, 840, 841, 844, 1076. См. также *Пластификаторы*
пленки, см. *Пленки полимерные*

- подвижность звеньев 2/199
полидисперсность, см. *Молекулярно-массовое распределение*
полужесткие 2/1265; 5/226, 231
полупроститичные 4/1082–1084
получение 1/860. См. также *Матричный синтез*, *Поликонденсация*, *Полимеризация*, *Полициклизация*, *Сополимеризация*, *Теломеризация*, *Фотополимеризация*
привитые, см. *Привитые сополимеры*
природные, см. *Биополимеры*, *Смолы природные*
прочность 3/1219, 1220; 4/251, 252
радиационная θ стойкость 3/837; 4/290, 291
разделение, см. *Хроматография*
разнозвеньевые 3/1255; 4/48, 49
расплавы 2/1061; 3/219, 345, 346, 734, 1135, 1136, 1253, 1259–1261; 4/17–19, 70
рассеяние излучений 2/191
растворы, см. *Растворы полимеров*
регулярные 1/858; 2/1267
релаксация 4/463
реология 1/707; 3/1114; 4/484–490
с поперечными связями 4/661–663
сверхвысокомолекулярные 3/1217
светостойкость 4/590; 3/1116, 1119
«связанные» 1/335
сетчатые, см. *Сетчатые полимеры*
синдиотактические, см. *Синдиотактические полимеры*
синтетические 1/858. См. также *Смолы синтетические*
смеси 4/732, 733, 734
со двояной цепью 2/1116
сопряженнозвеньевые 3/1225
состояние аморфное 1/287, 288, 859; 3/1119, 1120
– высокоэластическое 1/873; 2/328; 3/1118; 4/1017
– вязкотекучее 1/859, 860, 873; 3/319, 1119, 1121; 4/1017
– жидкокристаллическое 2/286, 289, 1266; 3/1120, 1209, 1213, 1216; 5/232, 237
– кристаллическое 2/1060, 1061, 1064; 1/859; 3/1119–1121; 4/849–852
– ориентированное 3/808, 144, 202, 1121, 1135, 1136, 1138, 1203, 1207; 1/859; 2/1061; 4/2
– стеклообразное 4/843, 844; 1/859; 2/328; 3/1118–1121
– студнеобразное 4/887–889
сплавы 4/732–734
стабилизация, см. *Стабилизация полимеров*
старение, см. *Старение полимеров*
стереоблочные 3/1219, 1220
стереорегулярные, см. *Стереорегулярные полимеры*
структурирование 2/464, 1013, 1266. См. также *Вулканизация*, *Структурообразование*
сшитые 1/844, 845; 3/146; 4/661–663
твердые электролиты 5/862
температура стеклования, см. *Стеклование*
– текучести 4/1017; 1/873; 3/1116, 1118, 1119
– θ -Флори 2/1264; 4/730, 731
– хрупкости 5/639, 640; 3/1116, 1118, 1119
теплостойкость, см. *Теплостойкость полимеров*
термолюминесценция 4/1075, 1076
термостойкие, см. *Термостойкие полимеры*
трехмерные 4/661–663
формование, см. *Формование полимеров*
форсоединения, см. *Форполимеры*
фотодеградируемые 4/590
функциональность, см. *Функциональность полимеров*
циклолинейные 1/175; 2/1014, 1016, 1017
экструзия 3/1135, 1136, 1139, 1213, 1254; 4/40, 41, 44, 970; 5/232, 389
элементоорганические 5/933, 934, 935; 1/859; 2/923, 924; 3/1261
– борсодержащие 1/594
– кремнийсодержащие, см. *Кремнийорганические полимеры*
– фосфорсодержащие, см. *Фосфорорганические полимеры*
U 3/1213
Полиметакриламид 3/69
Полиметакрилаты 4/20, 21, 173, 305, 502, 840, 842; 1/286, 859; 2/103, 310; 3/277, 1263; 5/341, 817
Полиметакриловая кислота 3/1169, 1196, 1230; 4/20, 79; 5/204
Полиметаллические руды 1/467; 3/1193; 4/561
Полиметаллоорганосилоксаны 2/1016, 1017
Полиметилакрилат 3/106, 1196, 1263
Поли-3-метил-1-бутен 4/851, 852
Поли-5-метил-1-гексен 4/851
Поли(метилен) 1/857
Полиметиленоксид 4/63, 64, 93, 94
Полиметиленоксидфенолы 5/136
Полиметилениолифениламины 2/184
Полиметилениополифенилоксиданат 2/184, 185
Полиметиленио-бис-триметиламмониевые соединения 1/979
Полиметилениы 5/720, 721
Полиметилениофталат 2/653
Полиметилкарборансилоксаны 1/918
Полиметилметакрилат 4/21, 19, 22, 291, 508, 732, 781, 790, 791, 840, 841, 1013, 1054; 1/310, 572, 757, 857, 858; 2/233, 302, 806, 880, 997, 1001, 1002, 1268; 3/107, 116, 776, 1114, 1119, 1236, 1263, 1270; 5/52, 446, 817, 835, 951
Полиметилафталины 3/117
Поли-4-метил-1-пентен 4/22, 23, 28, 851; 1/998; 3/27, 1119
Полиметилсесквиоксан 2/1017
Полиметилсилоксаны 2/1014, 1318; 4/130, 173
Поли- α -метилстирол 4/445
Полиметилфенилсилоксаны 2/1014, 1016
Полиметил(4-хлорфенил)силан 2/1016
Полиметилцианоэтилсилоксаны 1/918
Полиметиновые красители 4/23; 1/527; 2/976, 982; 3/128–132
Полиметинцианиновые красители 3/129
Полиметины 3/1224, 1225
Полимиксины 3/924–927
Полиминеральные руды 4/559
Полимолекулярная адсорбция 1/57, 129; 2/436, 858
Полимолибдаты 3/240, 241, 244
Полимолибденовые кислоты 3/240
Поли(моноклор- n -ксилен) 3/1262
Полиморфизм 4/23, 24, 105, 109, 910; 1/1215; 2/51, 60, 61, 587, 588, 1025–1027, 1055, 1064, 1069; 3/74, 75, 226, 276, 303–306, 698, 973, 1111; 5/15, 97, 269, 936
в твердых растворах 4/1004
и выращивание монокристаллов 3/257
и кристаллическое состояние 2/1060
и механические воздействия 3/146, 147
и плавление 3/1092
и химическая номенклатура 3/577
политипизм 4/45, 23, 24, 46, 1023, 1183; 3/168
уравнение Клапейрона–Клаузиуса 2/788
Полимоочевин 4/24, 25, 30; 1/989; 2/82, 83; 3/159
«Полимыла» 3/1211
Полимишьяковые кислоты 1/381
Полиинафталинсульфокислоты 3/386
Полиинафтоленбензимидазолы 2/1166; 3/1213–1215
Полиинафтохинон 3/388–390; 5/535
Полинига
теория 2/510; 3/787; 4/446, 447
уравнение 5/896
Полинеиасциенные соединения 2/303, 305, 306, 1194
Полиниобаты 3/488, 489
Полинитраты 2/212
Полинитросоединения 1/607; 2/75, 132, 133, 331, 900; 3/522, 523, 529, 556, 558
Полинозные волокна 1/731–733, 803, 804
Полинонаметиленмочевина 4/25
Полинонорборнен 3/104; 5/730
Полиноклеотидфосфорилазы 3/593
Полиноклеотиды 1/303, 324, 551, 1010; 2/427, 629, 1323; 3/600, 601, 794, 1051, 1052; 4/276, 1100. См. также *Нуклеиновые кислоты*
Полюкс 4/84
Полюксалиазолы 4/25, 26, 70, 71, 1083, 1084; 2/653; 3/675, 1240, 1261
Полюксазоллин 4/84
Полюксазолы 3/1240; 4/1082–1084
Полюксазольные волокна 3/1240; 4/1083, 1084; 5/47
Полюксалкиленгликоли 4/54, 55, 1087, 1088
Полюксиметилен 2/629; 4/63–65; 5/566. См. также *Полиформальдегид*
Полюксиметиленгликоли 3/281
Полюксиметиленовые волокна 4/64, 65
Полюксыны 3/595, 596; 5/417, 422
Полюксийпропилен, см. *Полипропиленоксид*
Полюксийпропиленгидроксиуретаны 4/53
Полюксийпропиленгликоли 4/31, 53, 1088
Полюксийпропиленполиолы 4/31, 202, 203
Полюксийтетраметилгликоль 4/1088; 5/86
Полюксийтетраэтиленгликоль 5/85
Полюксийтриметиленгликоль 5/85
Полюксийэтилен, см. *Полиэтиленоксид*
Полюксийэтиленалканолы 3/717, 718, 1165, 1169
Полюксийэтиленалкиламины 3/715, 716, 1165, 1169; 4/699
Полюксийэтиленалкиловые эфиры, см. *Оксидэтиленовые спирты*
Полюксийэтиленалкилфениловые эфиры, см. *Оксидэтиленовые алкифенолы*
Полюксийэтиленгликоль 4/1088
Полюксийэтиленгликольхлоргидрины 3/715, 716
Полюксийэтиленмаленины и полиоксийэтиленфумараты 3/1200, 1201
Поли(оксийэтиленокситерефталон) 1/857
Поли-2,2'-октаметилен-5,5'-добензимидазол 3/1218
Полюксийтамеры 5/730, 731
Полиолефиновые волокна 4/27, 28, 1015, 1016; 2/994; 3/809
Полиолефинсульфоны 5/341
Полиолефины 4/28, 438, 494, 589, 698, 815, 816, 849–852, 857, 1013, 1075, 1/334, 757, 788, 1148; 2/40, 434, 665, 834, 1001; 3/159, 277, 671, 683, 907, 913, 1119, 1120, 1122, 1136–1139, 1266–1268; 5/712, 713, 817, 984
бутификация 1/623, 624
волокна, см. *Полиолефиновые волокна*
клен 2/809
мононити 3/262, 263; 5/166, 167
пленки, см. *Пленки полимерные*
порошковые краски 4/142–144
термопласты, см. *Полибутен*, *Поли-4-метил-1-пентен*, *Полипропилен*, *Полиэтилен*
фторированные, см. *Фторолефины*
хлорированные 4/28, 29, 30; 1/646, 647; 3/1264; 5/563, 565
цикллены, см. *Циклоолефины*
эластомеры, см. *Полиизобутилен*, *Термоэластопласты*, *Этиленпропиленовые каучуки*
Полиолы 1/150–152, 475, 583, 586, 847, 1128; 2/868, 1271; 3/744; 4/199, 769, 1010, 1102, 1263, 1264, 5/37, 38, 72, 73, 238, 962, 1042
нитраты 3/507
пивалаты 1/668
3,4-трео- и эритро-формы 3/615, 616
эфиры 3/267, 1048; 4/698
Полиорганосилоксаны 5/934
Полиорганоминиофосфазены 4/66
Полиорганосиланы 3/314
Полиорганометаллоксаны 1/170
Полиорганосилазы 2/1016; 3/803–805
Полиорганосиланы 2/1015, 1019, 1020; 3/800
Полиорганосилоксандиолы 1/1044
Полиорганосилоксаны 1/171, 861, 1045, 1068; 2/707, 708, 1014, 1016–1018; 3/159, 805; 4/698; 5/773
Полиорганосилесквиоксаны 2/1016
Полиорганосилтианы 2/1016
Полиорганосилфазены 4/65, 66
Полиоснования 1/310, 311; 2/504; 3/202, 1211; 4/77, 78
Полиосновные кислоты, см. *Поликислоты*
Поли-1-пентен 4/851
Полипентенамеры 4/851, 852; 5/730, 735
Полипептиды 1/74, 552, 603, 840, 1007–1009, 1171, 1173; 2/287, 423–426, 428, 487, 581, 735, 736, 834, 1200, 1201, 1266, 1316, 1322–1325; 3/37, 50–52, 175, 786, 809, 883, 884, 924–927, 929; 4/519–522, 1000–1002; 5/53, 159, 545, 770, 1028, 1049–1051. См. также *Генетический код*, *Пептиды*, *Трансляция*, *Яды животных*
Полиперфторалкилен(арил)оксиды 3/984
Полипиромеллитимиды 2/115; 3/1246–1248
Поли- α -пирролидонамид 3/1204–1206
Полиплекс 4/841
Полипоровая кислота 4/1095
Полипренилмоноксиды 1/1137
Полипренилфосфатсахара 1/1137
Полипренилы 1/1137; 3/197
Полиприсоединение 4/29, 25, 30; 2/803, 1023, 1266, 1267; 3/839, 840
Поли-про 4/30, 31
Полипропенилдифосфатсахара 3/270
Полипропенилмоноксидсахара 3/270
Полипропенилпрофосфаты 1/1137

- Полипропилен 4/30, 22, 27, 28, 198, 291, 589, 922; 1/2, 334, 572, 645, 754, 923; 2/666, 922, 1319; 3/54, 327, 407, 739, 802, 864, 907, 908, 913, 1114, 1116, 1119, 1180, 1220, 1264, 1267; 5/446, 712, 983, 984, 993
атактический 1/563; 2/809
волокна 1/387, 623, 803–805; 2/324, 992; 3/53, 64, 93, 435, 436; 4/27, 28, 31; 5/168, 232
графито- и саженополненный 3/1268
диолы, см. *Полипропиленгликоли*
жидкие мембраны 3/53
изотактический 1/859; 2/674; 4/849–852, 1089
кластеры 2/797
оксид, см. *Полипропиленоксид*
пленки 1/623; 3/437, 1136–1139; 4/31
порошковые краски 4/142
сидидиотактический 4/850
сплавы 4/734
стеклопластики 4/844
хлорированный 4/28, 29
Полипропиленгликоли 1/922; 3/499, 1117; 4/31, 173, 200; 5/208, 950
Полипропиленоксид 4/31, 94, 202; 1/572; 2/920
Поли-β-пропиоамид 3/1204–1206
Полипропиоловая кислота 3/1225
Полипротеин 2/1324
Полирекомбинация 4/32; 2/924
Полирибосомы 2/1323; 4/521, 522
Полириты 4/157
Полирицинолевая кислота 1/139; 4/527
Полирование 4/32, 33; 3/987, 1087, 1104; 5/777, 879, 912, 925. См. также *Полиролы*
Полиролы 4/33, 34, 157; 1/18, 19, 657; 2/114, 255, 436; 3/302, 303, 527, 1087, 1227. См. также *Полирование, Травление*
Полисар-бутыл 1/645–647
Полисахариды 4/34, 36–38, 1241; 1/39, 232, 323, 324, 553, 1089, 1097, 1100–1103, 1118, 1125, 1126, 1132, 1137, 1154; 2/987, 1233, 1238; 3/269, 271, 286, 287, 748; 5/17, 37–39, 92, 93, 375. См. также индивидуальные представители и их группы агрегация 4/1063
бактериальные, см. *Микроорганизмы*
гелеобразующие 2/660. См. также *Альбиновые кислоты, Геммеллозы, Пектины*
гетерогликианы 1/1132; 4/34, 35
гомогликианы 1/323; 4/34
деполимеризация 2/31
защитные 4/35. См. также *Камеди* и *Лиггин* 2/1172–1174
как биополимеры 2/427; 4/35, 36
как стабилизаторы 3/646
как катализаторы 5/949
метаболизм 3/614–616, 623
мономерные, см. *Моносахариды*
пищевые 3/1088. См. также *Агар, Крахмал*
резервные 1/1132; 4/35. См. также *Гликоген, Ламинаны, Фруктин*
структурные 4/35. См. также *Ксиланы, Маннаны, Хитин, Целлюлоза*
сульфатированные, см. *Гепарин, Каррагинаны*
Полисилоксаны 4/614, 617, 618
Полисерводороды 4/902, 903
Полисилазаны 3/806
Полисиланы 2/1015
Полисиликаты 2/1206
Полисилоксандиолы 1/171
Полисилоксаноалкилены 2/1016
Полисилоксаны 1/310; 2/673; 3/671, 1124, 1125, 1261; 4/173, 816, 1007, 1114
карборансодержащие 2/648, 649
каучуки 1/845
масла 2/961
Полисистемные кристаллы 3/226
Полисомы 2/1323; 4/191, 521, 522
Полисорбы 1/884
Полиспирты 4/234
Полистин 5/1039
Поли-л-стирильборная кислота 1/594
Полистирол 4/39, 40, 291, 305, 502, 508, 589, 732, 734, 840, 842, 868–870, 926, 1002, 1075, 1085, 1087; 1/311, 324, 717, 757, 858, 860, 1111, 1148, 1175; 2/48, 92, 1001, 1044, 1171, 1172, 1228, 1241, 1267, 1268; 3/121, 123, 218, 219, 325, 436, 776, 1117, 1119, 1122, 1168, 1228, 1247, 1266, 1268–1270; 5/52, 204, 306, 341, 446, 567, 581, 675, 799, 817, 951, 1047. См. также *Бакелит*
бисерный 3/908, 909
блочный 3/1136–1139; 4/39
бутификация 1/624
волокна 4/93
газонаполненный, см. *Пенополистиролы*
изотактический 4/851, 852
краснение 2/302; 4/17, 18
низкомолекулярный 2/809
окклюдируемый 4/41
пластики 4/40, 844. См. также *АБС-пластик*
пленки 1/623; 3/86, 87, 1136–1139; 4/40, 41
растворы, см. *Студни*
сплавы 4/732
сульфокислота 1/340
ударопрочный 4/40, 39, 41, 168, 169, 734, 870; 1/634; 2/706; 3/908, 1114, 1116, 1120, 1136
упорядоченный 4/2
Полисульфидные каучуки 4/41, 42, 43, 442–444; 1/502, 630, 636, 647; 2/204, 705–708; 3/363, 972; 5/961
Полисульфиды
герметики 1/1043, 1044
каучуки, см. *Полисульфидные каучуки*
неорганические 1/518; 2/178; 3/312, 363; 4/41, 471, 903, 909–911, 948, 1019, 1020, 1127, 1149, 1165; 5/416, 702
органические 4/42, 43, 164, 634, 1126; 1/645
Полисульфиты 4/922
Полисульфоны 4/43, 44, 45, 94, 164, 723; 3/1120, 1221, 1259, 1261; 5/41
волокна 3/53
жидкие мембраны 3/53
пленки 3/1136–1139; 4/44
Полисульфохлориды 4/1264
Полисульфуриталогениды 4/939, 940
Полисульфуринтрид 4/584, 585
Политанталовые кислоты 4/985
Полителлуриды 4/1020, 1023
Политерены 4/445, 1092
каучуки, см. *Каучук натуральный*
смолы 3/1027; 4/715, 1089
Политетраметилдисулксаноэтилен 2/1016
Политетраметиленадицинамид 3/1207, 1208, 1210
Политетраметилентерфталат 3/1220–1222
Политетрафторэтилен 1/1, 2, 343–345, 757, 858, 918, 948, 995, 1163; 2/208; 3/982, 984, 1136, 1267, 1268; 4/64, 1007, 1008, 1104; 5/69, 389, 395, 402–404. См. также *Фторопласты*
волокна 1/805; 4/1082
жидкие мембраны 3/53
как горючее 1/832
металлонаполненный 3/87
оксид 3/984
пленки 3/86
Политиогликолиды 4/1127
Политиокарбонаты 1/994
Политионы 4/45, 655, 657, 1149
Политионовые кислоты 2/783; 4/45, 655, 657
Политиофентетрафтороборат 3/100
Политиофосфинаты 2/923
Политиризм 4/45, 23, 24, 46, 1023, 1183; 3/168
Политирия, см. *Политиризм*
Политиры 4/45, 46, 109, 1183
Полититановые кислоты 4/1183
Полититаноорганиосилоксаны 2/1014
Политопальные перегруппировки 4/46–49
Политопные перегруппировки, см. *Перегруппировки политопные*
Политопы 4/46–49
Политриазолы 4/47, 48, 49
Политриалкилсилилэтилены 5/933
Политриметилсилилпропен 2/1018
Политрипифтан 2/1214
Политрифторхлорэтилен 1/757; 2/208; 5/389, 402–404
Полн-бис-(трифторэтокси)фосфазен 4/66
Полн-2,3,6-трихлорфениленоксид 4/59
Политрипическое сжатие газов 2/881
Политрипные реакции 4/665
Политриры 4/33, 739
Полн-ω-ундеканамид 3/1136, 1204–1208
Полиуретанакрилат 4/661
Полиуретанизацианураты 4/52, 53
Полиуретаниочевинны 4/25, 49, 52, 56
Полиуретановые волокна 4/49, 50, 57; 1/805; 2/184; 5/987
Полиуретановые лаки 4/50, 51, 52, 57; 1/989; 2/406, 1129; 3/1140; 5/73
Полиуретаны 4/52, 25, 29–31, 50, 51, 53–57, 85, 95, 199, 200, 203, 291, 589, 661, 696, 1056, 1199, 1200; 1/47, 64, 306, 788, 1045, 1135; 2/83, 87, 118, 212, 402, 406, 407, 707, 708, 996, 1144, 1150; 3/21, 159, 761, 802, 902, 903, 1120, 1126, 1136, 1140, 1258, 1270; 5/83–88, 124, 238, 306, 381, 979, 985, 987
безизоцианатные 4/51, 57
волокна, см. *Полиуретановые волокна*
как модификаторы 1/563
каучуки 4/291
клеи 2/805
компаунды 2/867, 868; 4/57
краски 3/917
лаки, см. *Полиуретановые лаки*
мастики 2/1319
нежелтеющие 2/1091
покрытия 2/322, 997, 998; 3/86, 646
сегментированные 4/56
Полифен 1/805; 5/389
Полн-N-фенилбензимидазолы 3/1217
Полифенилбор 1/594
Полифенилвинилены 3/1225
Полн-м-фенилдибензилмидазол 3/1217, 1218
Полн-м-фенилдибензилфталамид 4/58, 1082; 1/788, 805; 2/115, 397; 3/1120, 1209
Полифениленоксиды 1/805; 4/1082
Полифениленоксиды 4/58, 59, 60, 94, 732, 734; 2/15, 797; 3/902, 1120
Полифениленсульфиды 3/1138
Полифениленсульфон 4/43, 44
Полн-л-фенилентерфталамид 4/60, 61, 1082; 1/805; 2/115; 3/1209, 1210
Полифенилен-4-фенил-1,2,4-триазолы 4/47, 48
Полифенилены 4/61, 62, 63, 1084; 2/15, 648
Полифениловые эфиры 1/922; 3/1125; 4/698
Полифенилсесквисилоксаны 4/71
Полифенилсилоксаны 2/1014
Полифенилсисеквисилоксаны 2/1166
Полифенилсисилоксаны 3/1255
Полифенилы 4/1095
Полифенолооксиды 3/36
Полифенолы 1/118; 2/303; 4/969
Полифенольный понизитель вязкости 2/227
Полифен 2/1078
Полиферментные реакции 5/157
Полиферросилоксан 2/1017
Полифлекс 3/1139
Полифлон 3/1139; 5/157, 403
Полиформальдегид 4/63, 64, 93, 94; 1/310, 572, 990, 993, 994; 2/673; 3/219, 486, 856, 1120, 1220, 1267; 5/221
Полиформальдегидные волокна 4/64, 65
Полифосфазены 4/65, 66; 3/419; 5/240, 286
Полифосфаты 1/769; 2/267, 571, 572, 579, 869, 1294; 3/111, 367, 368, 646; 5/242, 247, 251, 275, 283, 291, 306, 715
Полифосфинаты 2/923, 924
Полифосфины 1/965; 5/265, 307
Полифосфиты 5/306
Полифосфоинозитиды 2/696
Полифосфонаты 5/306
Полифосфонные соединения 5/278
Полифосфонитрилхлорид 4/65
Полифосфонитрилы 3/419; 4/65, 66
Полифосфониты 5/306
Полифосфор 3/576
Полифосфорные кислоты 1/492, 493, 720, 741; 2/91, 252, 290, 579, 770, 869, 1213; 3/702, 1017, 1214, 1217–1219; 4/48, 71; 5/249, 250, 287, 299.
См. также *Полифосфаты*
Полифталонитрилы 2/923, 924; 5/381
Полифторалканы 4/805; 5/410
Полифторалкенилсерные кислоты 4/896
Полифторалкилакрилаты 2/323
трис-(Полифторалкиларсены 4/1268
Полифторалкилалогениды 5/409
Полифторароматические соединения 4/66, 67; 1/993
Полифтор-β-дикетонаты 4/68
Полифтор-β(1,3)-дикетонаты 4/67, 68, 1034; 1/991; 2/105; 5/8, 405
Полифториодалканы 1/965; 4/1270
Полифторкетоны 4/68, 69; 3/985
Полифторолефины 4/805; 5/410
Полифторсиланы 2/1031
Полифтортиосульфокислоты 4/1151
Полифторуретериды 5/447–551
Полифторхлоралканы 5/549
Полифторхлорэфиры 2/202
Полифторхлоралканы и полифтордихлоралканы 4/69
Полифункциональные соединения 2/549
катализаторы 2/664, 676
Полихлоралканы 4/69, 70; 2/1166; 3/1240
Полихлоралканы 4/198
Полихлорароматические соединения 4/67
Полихлорбензолы 1/242; 3/372; 4/1105; 5/11, 562
Полихлордиоксиды 4/1104
Полихлориды 3/1238
Полихлоркамфен 2/470, 598
Полн-[3,3-бис-(хлорметил)оксетан] 3/913; 4/70. См. также *Пенттаст*

- Полихлоропрен 1/847; 2/705, 706; 4/82; 5/571, 572
каучук 2/1320; 4/130; 5/993
мастики 2/1320
- Полихлорпропилен 3/1114
- Полихлорированные полициклические соединения 3/851
- Полихлорэтаны 1/998
- Полихромы 1/918
- Полихронная кинетика 4/414
- Полицианосоединения 5/705, 706
- Полициклизация 4/70, 26, 62, 71; 3/1218, 1240, 1254, 1257, 1258. См. также *Полициклоконденсация*, *Полициклотримеризация*
- Полициклические соединения 2/33, 277; 5/406, 446
- гидроксизамещенные 2/632
как канцерогены 2/605
кубовые красители 4/72, 73–76; 1/244, 489, 494; 2/78, 440, 442, 978, 981, 1093; 3/1016; 5/535
- люминофоры 5/444
- пигменты 3/1013, 1016, 1017
- утлеводороды 1/983, 1090, 1106; 2/291, 292, 605, 678; 3/378–380, 463–465; 4/857, 1074; 5/116, 117
- Полициклоконденсация 3/1213, 1214, 1217–1219, 1240, 1245, 1246, 1254; 4/25, 26, 48, 62, 69, 70, 71, 1084
- Полициклооктены 3/104
- Полициклотримеризация 4/62, 70, 1084
- Полицистронные мРНК 2/1323, 1324
- Полицифровые основания 5/124
- Полиэдраны 2/924. См. также *Полиэдрические соединения*
- Полиэдрические соединения 4/76, 77, 131, 858; 1/141; 5/719, 738. См. также *Циклические соединения*
- адамантин 1/34, 35, 142; 2/130, 206, 325, 326, 367, 971; 3/378, 379, 392; 4/76, 77, 237, 464, 1140
- бораны, см. *Бороводороды*
- карбораны 2/649, 648, 650–652; 3/82, 392; 4/26, 76
- кластеры 2/793–796
- координационные, см. *Координационные полиэдры*
- ремантидин 4/464, 77, 218; 1/35
- топология 4/1214
- Полиэлектронный эффект 3/1196; 4/78
- Полиэлектроды 4/77, 78–80; 2/503, 527; 3/55, 215, 1196, 1227, 1269; 5/247, 815, 816, 857, 915
- как коагулянты 2/817; 5/203, 204
- карбоцепные 4/305
- коацерация 2/819
- лигносульфонаты 3/992, 993
- ПАВ 3/1169
- полигалогеиды 3/1238
- полимерные 4/19, 20
- природные, см. *Белки*, *ДНК*, *РНК*
- сечетчатые, см. *Ионообменные смолы*
- Полиэлементоорганические соединения 2/1014, 1016, 1017
- Полиэпихлоргидрин 4/94, 613
- Полиэпоксипропилкарбазол 4/502
- Полиэтерификация 1/151; 3/1240, 1260; 4/95
- Полиэтилакрилаты 3/1196; 5/977
- Полиэтилбензолы 1/159; 3/936
- Полиэтилен 4/80, 27, 28, 31, 291, 293, 508, 589, 601, 893, 918, 959, 969, 1087, 1089; 1/1, 334, 645, 754, 857, 858, 861, 1065, 1111; 2/39, 208, 322, 665, 1060, 1061; 3/22, 23, 54, 146, 219, 327, 407, 739, 802, 803, 864, 908, 1119, 1122, 1180; 5/126, 306, 503, 581, 675, 712, 719, 799, 817, 982, 993
- волокна 1/387; 4/27, 28, 82, 84, 5/167, 231–234, 236
- вспененный, см. *Пенополиэтилен*
- давления высокого 1/572, 646, 757, 923; 2/922, 1001, 1319; 3/1136; 4/80–82, 204, 305; 5/982, 983
- низкого 1/343, 402; 2/199, 922; 3/1116, 1220, 1267, 1268; 4/80–82; 5/982
- как полупроводник 4/108
- как твердая смазка 4/1007
- кластеры 2/797
- клен 2/809
- краски 4/142
- лаки 5/563, 564, 565; 3/1140; 4/29
- линейный 1/923; 2/922; 3/1136; 4/81, 82; 5/983
- металлонаполненный 3/87
- определение 4/1076
- оптический 3/774
- переработка 4/3–17, 82
- пленки 1/621, 713; 2/1192; 3/86, 437, 1136–1139; 4/162; 5/339, 983
- привитой 2/674
- сверхвысокомолекулярный 3/1268
- совместимость с НК 2/707
- спини-мечный 4/791
- сплавы 4/734
- стеклопластики 4/844
- хлорированный 1/14; 3/907, 1140, 1263, 1264; 4/28, 29, 81; 5/563–565
- хлорсульфированный 4/82, 29, 81, 83, 442–444; 1/645, 719, 847; 2/707, 708, 1149; 3/661
- Полиэтиленгликоли 1/318, 918, 1133; 2/211, 686, 1311; 3/324, 360, 712, 717, 1165, 1166; 4/34, 84, 648, 969, 1009; 5/15, 817, 984, 991
- алкилкарбитолы 2/627
- галогензамещенные 3/716, 1166
- диметиловый эфир 1/931
- меленинаты 2/806
- тозилаты 2/985, 986, 1036, 1037
- фенолаты 3/716
- Полиэтиленгликоли 4/83, 84; 1/641; 3/682, 1211; 5/204, 989
- Полиэтиленмочевина 3/282
- Полиэтиленфталат 4/91
- Полиэтиленоксидбензоат 3/87, 91
- Полиэтиленоксид 4/84, 85, 94; 1/310, 334, 572, 731, 858; 2/817; 3/218, 715, 732, 907, 1089, 1269; 5/204, 862, 991
- Полиэтиленпиперазин 3/1212
- Полиэтиленпиперидин 3/1212
- Полиэтиленполиамид 3/1114
- Полиэтиленполиамины 4/85, 86; 1/311; 2/212; 3/1029, 1210, 1211; 5/961, 975
- Полиэтиленполисульфиды 4/494
- Полиэтиленсебацинаты 2/1061
- Полиэтиленсульфиды 2/93, 204
- Полиэтилентерефталат 4/86, 95, 200, 1055, 1075; 1/572, 757, 857–859; 2/121, 1319; 3/1120, 1220, 1221, 1247, 1261, 1255, 1257, 1258, 1260, 1261
- волокна 1/803–805; 3/262, 263; 4/87–91, 1015; 5/168, 232–234
- пленки 3/1136–1139, 1248; 4/503, 507, 771, 772; 5/318
- Полиэтилфенилсилоксаны 2/1014
- Полиэфирные волокна 4/87, 88–91, 200, 649, 1012, 1015, 1082; 1/802, 807; 2/324; 3/435, 436, 803, 804, 809, 1222; 5/144, 232–234, 530, 535, 536, 985
- бумификация 1/623
- крашение 2/149, 151, 152, 700, 978, 992, 994, 1093, 1094, 1096; 3/131, 543
- модифицированные 2/700
- набивка 3/997, 998
- отбеливание 3/863, 837
- радиационная стойкость 4/291
- формование 2/994
- Полиэфирные лаки 4/91, 92, 93; 2/1128, 1129, 1297; 3/743
- Полиэфирные смолы 4/92, 91, 93, 199, 203, 333, 668, 723, 739, 870, 969, 1013; 1/47, 788, 871, 1135, 1207; 2/396, 868, 1002, 1014, 1273, 1274; 3/87, 114, 128, 159, 201, 805, 822, 897, 902, 903, 1139, 1140, 1201, 1264, 1265, 1270; 5/377, 787
- Полиэфирполиамиды 5/975
- Полиэфир 1/335, 644, 858, 859, 943, 1133; 2/40, 79, 322, 707, 708, 805, 1142, 1150, 1273; 3/24, 117, 909, 910, 916, 1117, 1270; 4/56, 556, 589, 661, 671, 816; 5/41, 307, 377, 566, 817, 1001
- акрилаты 3/146
- амиды 4/607, 608
- волокна, см. *Полиэфирные волокна*
- диолы и полноты 2/805; 4/49, 50
- жидкокристаллические 4/87, 91
- как пластификаторы 3/1116, 1117
- карбораносодержащие 2/648, 805
- карбонаты 2/653
- клен 2/649, 806, 809
- композиты 2/878, 880; 4/844–846
- краски 4/142, 144
- крашение 4/17
- лаки, см. *Полиэфирные лаки*
- линейные 2/1141; 3/253
- макроциклические 2/522, 985
- мастики 2/1319
- перфторированные 4/984, 698
- пленки 1/623; 3/1137–1139; 5/985
- премиксы 4/162
- препреги 4/163, 164
- простые 4/93, 94, 164, 1088; 2/653; 3/732, 1255, 1259, 1261
- ароматические, см. *Полифениленоксиды*
- ацетаты, см. *Поливинилацетаты*
- каучуки, см. *Пропиленоксидный каучук*, *Этиленгидриновые каучуки*
- пентон, см. *Пентапласт*
- полиметилсоединения, см. *Полиформальдегид*
- полиоксипропилен, см. *Полипропиленоксид*
- сульфоновые, см. *Полисульфоны*
- сложные 4/94, 52, 54, 92, 93, 95, 164, 205, 1088; 1/993; 2/648, 806, 809, 868; 3/1251–1254, 1258–1261
- акрилаты, см. *Олигомеры акриловых, Полиакрилаты*
- арилаты, см. *Полиарилаты*
- высших жирных кислот, см. *Алкидные смолы*
- меленинаты и фумараты, см. *Полиалкиленгликольмеленинаты и полиалкиленгликольфумараты*
- себацинаты 4/607
- терефталаты, см. *Полибутилентерефталат*, *Полиэтилентерефталат*
- угольной кислоты, см. *Поликарбонаты*
- смолы, см. *Полиэфирные смолы*
- термопласты 3/1120
- термоэластопласты 4/1088, 1089
- уретаны, см. *Полиуретаны*
- Полиэфирные соединения 4/96, 97, 98
- аминны 2/821
- изомеры 2/929
- кластерные, см. *Кластеры*
- лиганды, число 2/926
- металлополимеры, см. *Координационные полимеры*
- мостиковые 2/933
- свойства, корреляция 2/941
- утлеводороды 1/542
- Полюпа 1/261
- Полупит 4/555, 557; 5/654, 655
- Полиые удобрения 3/172
- Половинчатый чутун 2/256, 257
- Половые гормоны 1/1164, 1171–1173; 3/786; 4/517; 5/161, 218, 589
- Полоний 4/98; 3/958
- определение 4/99, 762
- получение 3/413, 99
- применение 4/99, 106
- свойства 1/1015; 3/98, 403; 4/98, 99, 102, 318, 323–325, 331, 335, 813; 5/937, 1017
- соединения 4/98, 99, 213, 214; 5/437
- Полоновского реакция 4/99, 100
- Полосатые спектры 5/884
- Полуальдегиды 3/617–620
- «Полуанилиновые» покрывные краски 2/997
- Полуацетаты 1/197, 422, 424, 991; 3/265, 687; 5/556
- Полувывскающие масла 3/1186; 4/377, 383, 388, 744; 5/551
- Полудрагоценные камни 1/206; 2/332
- Полужесткие полимеры 5/226, 231
- Полукетаты 1/422; 2/746
- Полуокс 2/841; 4/100, 101, 697
- Полуоксиды 4/100, 101, 697, 702, 703, 1223; 1/627, 879, 1177; 2/597, 964, 965; 3/1054, 1058
- Полуколичественный анализ 2/712
- Полуколлоиды 3/302
- Полукоксервативная репликация 4/495
- Полупестичные волокна 4/1082–1084
- Полумартиты 2/270
- Полумеркапты 1/424
- Полуметаллы 4/101, 102, 996; 3/96
- Полумикрохимический анализ 1/686–688; 2/711, 856, 1108
- Полунепрерывные и полупериодические процессы 3/421
- Полупроводники 4/102, 893, 911, 997; 1/678; 2/2, 3, 51, 77, 206, 452, 821, 1029, 1290; 3/1, 2, 96, 414, 419, 420; 5/385, 503
- бесщелевые 4/996
- бинарные 4/102
- диагностика поверхности 2/508
- динамическая 2/77
- зонная теория 4/103, 104, 995, 996
- и диэлектрики 4/102, 105
- и периодическая система элементов 2/371; 4/106–108
- и полуметаллы 4/101
- как детекторы излучений 4/329, 330, 335
- как катализаторы 1/1054, 1055, 1059
- как сверхпроводники 4/585
- как сегнетоэлектрики 4/284, 285
- как твердые растворы 4/1002, 1006
- как электреты 4/1062
- легирование 2/1153–1155; 4/103–105, 114–117
- материалы, см. *Полупроводниковые материалы*
- минералы 3/167
- органические 4/108. См. также *Молекулярные кристаллы*
- полимерные 3/1225; 4/108
- приборы, см. *Полупроводниковые приборы*
- примесная проводимость 4/103
- акцепторы, см. *Дырочная проводимость*
- доноры, см. *Электронная проводимость*
- радиационная модификация 4/293
- стойкость 4/290, 291
- расплавы 4/345
- р-п-типы 4/103–105, 547; 5/925
- электрохимия 5/925, 362
- элементарные 4/102–118
- Полупроводниковые материалы 4/108, 33, 102, 109–118, 909, 911; 2/444,

- 445, 452–454, 552, 1072, 1147, 1240; 3/93, 305, 414, 418, 508, 1243; 5/256–258, 283, 285, 332, 333, 363, 609, 747, 748, 752, 755, 756, 838, 928. См. также *Полупроводники германиевые*, см. *Германий гидрированные некристаллические* 4/110
- интерметаллиды 2/485, 554; 4/109–118, 951
- кластерные 2/797
- кремниевые, см. *Кремний, Планарная технология*
- легированные, см. *Легирование люминофоры*, см. *Кристаллофосфоры*
- молекулярные кристаллы 3/227
- оксидные, см. *Оксиды*
- полимерные 3/1225; 4/108
- получение 3/695, 696, 1103–1105; 4/110, 111; 5/62. См. также *Монокристаллы выращивание*
- применение 4/118, 627, 628. См. также *Полупроводниковые приборы*
- стекла 3/312, 313; 4/619, 708, 837
- тонкие пленки 3/335
- халькогенидные 3/312, 313; 4/547, 604, 614, 618, 619, 1024
- Полупроводниковые приборы
- газоанализаторы 1/896, 917
- детекторы 1/978; 2/220; 4/471, 480
- лазеры 2/1118–1120, 1124; 4/118
- масс-спектрометры 2/1318
- термометры 4/1080
- Полупрозрачные материалы, см. *Разделительные мембраны*
- Полуторпаки 2/1331
- Полуторатерпены 4/659–661, 1092. См. также *Сесквитерпены*
- Полуфарфор 2/733; 5/114
- Полуцеллюлоза 4/118, 119; 1/620; 2/1164; 5/664
- Полумикрохимические методы 4/119, 120, 121; 1/667; 2/723; 3/235; 3/468, 469; 5/463, 876
- и ЛКАО-приближение 2/1211
- молекулярных интегралов 3/223; 4/119, 120
- орбитальные, см. *Молекулярных орбиталей методы, Орбитали*
- оценки реакционной способности 4/419
- Польфаланы 5/221
- Поля лигандов теория 4/121, 120, 122, 257; 2/722, 920, 1057–1059, 1232; 3/236, 949; 5/463
- Поляны (Поляны) модель 1/58
- Поляризация
- анизотропных кристаллов, см. *Пьезоэлектрики*
- в электрохимии 4/123, 124, 153, 993, 1193; 2/323; 3/1180; 5/840, 895, 910, 911, 913, 923
- дизлектриков 2/143, 206; 4/996; 5/835, 836. См. также *Сегнетоэлектрики*
- и электроотрицательность 5/896, 897
- инерционная среды, см. *Реакции в растворах*
- ионов растворителем 4/375
- концентрационная, см. *Мембранные процессы разделения*
- люминесценции 2/1223, 1224
- пирозлектриков 3/1078; 4/284
- света в дозиметрии 2/221
- и оптическая активность веществ 3/772, 773. См. также *Хироптические методы*
- и симметрия молекул 4/692
- металлами 3/98
- плоскость, см. *Вращение оптическое*
- приборы 2/292; 3/168, 772
- эллипсометрия 5/940, 939, 941
- химическая электронов 5/457, 358, 458
- ядер 5/458, 358, 459; 1/407; 2/623, 811, 1238, 1239; 3/16–18, 141; 4/304, 334
- электретов 5/835, 836
- ян-теллеровская 5/1057
- Поляризуемость 4/124, 125, 126
- деформационная, см. *Дизлектрики*
- и взаимодействие(я) дисперсионное 2/147; 4/126
- – квадрупольное 2/712
- – межмолекулярные 3/16–19
- и квантовых переходы 3/229
- и колебательные спектры 2/853–855
- и комбинационное рассеяние 2/865–867
- и молярная рефракция 4/125, 513
- и оптическая активность веществ 3/773
- и принцип ЖМКО 2/281
- и самосогласованное поле 4/576
- ионов и реакционная способность 4/420
- квадратичная, см. *Штарка эффект*
- мезомерных систем 3/29, 30
- молекулярная анизотропия, см. *Керра эффект*
- химических связей 1/374; 2/832, 919; 3/787, 447. См. также *Индуктивный эффект*
- экзальтация 4/126
- электронов 1/314; 2/3; 4/153; 5/841, 910, 911, 913, 923
- электромерная 3/30, 31
- т-электронное приближение 5/876. См. также *Электроны*
- Поляриметрия 3/772; 5/538–540
- Полярные молекулы 4/126, 124, 125, 127; 2/140–143, 912, 913; 3/18–20, 22; 5/461, 462
- Полярнография 4/127, 128, 395, 397, 615, 945, 975, 1021; 1/808–810; 2/44, 45, 292, 293, 417, 712; 3/8, 425, 475, 527, 795; 5/77, 106, 173, 610, 638, 639, 750, 842, 911, 926
- Полярный-процесс 5/325–327
- Померанца-Фрича конденсация 2/398
- Померанцевое масло 2/1179; 3/432; 4/1094
- Помол, см. *Измельчение*
- Помутнение
- и мицеллообразование, точка 3/182
- температура 3/283
- Понгамо 2/973
- Понизители
- вязкости 2/227, 1165, 1174, 1175
- твердости 2/146; 3/1167
- Поисолы 2/1095
- Понстил 4/219
- Поплавковые приборы
- манометры 2/1281, 1282
- плотномеры 3/1146–1148
- уровнемеры 5/88, 89, 92
- Попова правило 4/128, 129; 2/745
- Пористость 4/130, 129, 131–133; 1/920; 2/148, 149, 613. См. также *Пористые материалы, Порообразователи*
- Пористые материалы 1/58, 59. См. также *Пористость*
- вспененные, см. *Газонаполненные материалы, Пенопласты, Порообразователи*
- иониты 2/504, 613. См. также *Ионообменные смолы, Макропористые ионообменные смолы*
- керамика 2/733; 5/291
- лиофильность и лиофобность 2/1182
- массоотдача 2/1304
- мембранные 3/46, 55, 56
- носители, см. *Носители*
- огнеупоры 3/649, 650
- плотность 3/1145
- порошкообразные, см. *Порошки*
- резина 4/129, 130, 133, 442; 1/80; 2/328, 838; 3/339, 902. См. также *Губчатые материалы*
- сжатие пара, см. *Капиллярная конденсация*
- сорбенты, см. *Адсорбенты*
- стекла, см. *Пеноматериалы*
- Поролон 2/325; 3/909
- Порометрия 2/613; 4/131, 132
- Порообразователи 4/133, 2, 134, 839, 1041; 1/71, 72, 80, 1069, 1071, 1076; 2/154, 186, 804, 837, 1267, 1268; 3/328, 354, 902–907, 909; 5/549. См. также *Порофоры*
- Поропласты 3/902–904; 4/133
- Порофоры 1/71, 80, 517, 624; 2/154, 902, 905–908; 4/133, 134, 1106; 5/12, 581
- Пороха 4/134, 135, 136; 1/191, 705, 706; 2/467; 3/503, 1076; 5/507, 923, 986, 988
- баллиститы 1/453, 706; 2/212, 214, 934; 4/135, 136, 342
- бездымные, см. *Бездымные пороха*
- дымные 1/706; 3/1076; 4/136, 621
- кардиты 2/934; 4/135
- пироксилиновые, см. *Пироксилин*
- термостойкие 4/1082, 1254
- черные 1/706; 3/1076; 4/136, 621
- Порошки 4/136, 137, 138, 140, 575, 698–701, 1057; 2/145, 146, 149, 153, 642, 707, 799–802, 804, 807–809, 982, 1026, 1131, 1132; 3/147, 418. См. также *Сыпучие материалы*, индивидуальные представители и их товарные формы
- анализ 1/892; 4/1006
- безгазовое горение 4/575
- гранулирование 1/1187–1189
- дозирование 3/1083–1086
- зубные, см. *Зубные пасты и порошки*
- и кластерные частицы 2/796
- как наполнители 3/87, 328–330
- компактирование 4/139–141
- краски, см. *Порошковые краски*
- огнетушащая способность 3/648, 649
- пекарские 2/571
- получение, см. *Порошковая металлургия*
- прессование, см. *Пресспорошки*
- разделение 3/636
- реология 4/136–138, 490, 491
- слеживаемость 4/887
- смачивание 2/358, 1182; 3/992, 993; 4/730
- смеси 3/146, 147
- спеченные, см. *Спекание*
- ультрадисперсные 2/358, 625; 5/503
- фрикционные свойства 5/370
- Порошковая металлургия 4/138, 139–142, 604, 709, 775, 807, 809, 1010, 1176, 1177; 1/343, 814; 2/273; 3/93, 249, 415, 421, 483, 1249; 5/172, 766. См. также *Металлотермия, Порошки, Спекание, Шихты, Шламы*
- Порошковые краски 4/142, 143, 144; 2/982, 990, 1093, 1133; 3/1140, 1197
- Портландит 2/587
- Портландцемент 1/206, 871; 2/228, 582, 588, 1319; 3/537, 1001; 5/470, 669–673
- Порфин 2/943; 4/144, 145; 5/573
- Порфирексия 4/302–304
- Порфириногены 4/146, 147
- Порфирины 4/144, 145–149, 1259, 1261; 1/560, 1149; 2/22, 872, 968, 975, 1172, 1219, 1253; 3/48, 458, 619, 620, 622, 623, 743, 786; 5/573, 576–
- 579, 743. См. также *Гемоглобин, Хлорофиллы, Цитохромы*
- Порфирионин 3/179
- Порфиропсин 4/537
- Порфиблиноген 3/619, 620, 623; 5/575, 576
- Порфолитметены 4/146, 147
- Порфометены 4/146, 147
- Порионные весы 1/694, 695
- Поршневые машины
- компрессоры 2/882, 883, 885, 886; 5/594, 602
- насосы 3/342–344
- Поры, см. *Пористость, Пористые материалы*
- Порядок
- ближний и дальний, см. *Ближний порядок, Дальний порядок*
- параметры 2/1072–1074, 1111; 5/103, 104
- реакции 4/149, 150, 415; 2/754, 759; 3/222
- связей 3/235, 1178
- Последовательно-параллельные реакции 4/721
- Последовательные реакции 2/753; 3/517; 4/721; 5/682–684
- Послесвечение в потоке, метод 3/141
- Послойная выкладка заготовок пластмасс 4/12–14
- Постоянный анализ 4/893
- Постоянная(ые)
- Авогадро 1/17, 573, 908; 3/216; 5/107
- Больцмана 1/573, 908; 2/754
- Ван-дер-Ваальса 3/1171
- Вейса 2/1138
- Верде 5/107, 108
- газовая универсальная 1/908; 2/788; 3/13
- Генри 1/1014, 1015
- капиллярная 2/612; 3/1171
- Керра 2/739
- крисокопическая 2/1033
- Кюри 2/1237, 1238
- Лешмида 2/1214
- молекул, вращательные 1/834; 3/157; 5/108
- колебательная 2/852
- силовая 2/852
- Планка 3/1113; 2/717, 754; 5/868
- радиоактивная 4/316
- распада ядер 4/316
- Ридберга 2/721
- Тафеля 2/954
- тонкой структуры 2/148
- Фарадея 5/107, 106, 921; 4/1030
- эбуллиоскопическая 5/799, 800
- Постоянная жесткость воды 2/822, 283
- Постоянства состава закон 4/150, 866; 3/413; 5/508, 512. См. также *Нестехиометрия*
- Пострепликационная репарация 4/493
- Посттрансляционная модификация белков 2/395; 3/197–199
- Постулат
- Планка 5/956
- Хэммонда 5/642
- Поташ 1/711, 1095; 3/439; 4/681, 1166. См. также *Калий, карбонат*
- Потенциал(ы)
- адсорбционный 1/58
- асимметричный 3/135
- Буккингема 3/20, 219, 390
- взаимодействий атом-атомных 3/20, 219, 220, 390, 391; 4/120, 412
- межмолекулярных 1/727, 925; 3/16–19. См. также *Поверхность потенциальной энергии*
- невалентных 3/390, 391
- внутренних 3/47, 48
- Вольфа 1/560; 3/23, 24
- Гальвани 2/2; 3/23, 24; 3/431
- Гельмгольца 2/4; 4/1040, 1071

- Герани-Франка 4/375
Гиббса 2/513; 4/1040, 1071; 5/71
дзета 5/848-850
диффузионный 2/193, 521, 1306;
3/48; 5/839, 843
доннановский 3/47, 48
изобарно(изохорно)-изотермические
1/1111; 4/1071, 1072; 5/464, 465
ионизации, см. *Ионизация*
коррозии 2/953-956; 5/907-909
кулоновские 3/233
Леннард-Джонса 1/6; 2/301; 3/20,
219, 390; 4/120, 121, 763; 5/72
локальные рассеяния энергии
4/1068, 1069
Маделунга 4/482
межфазные скачки, см. *Межфазные процессы*
мембранный 3/46, 47; 1/560, 561;
2/521
модельные 3/20, 21, 390, 391, 468;
4/763
Морса (Морзе) 3/20; 4/120
Нернста 3/47
нормальные 4/819-821
нулевого заряда 4/153, 154; 2/2, 3,
408, 429; 5/106, 839, 922
обратимый 3/667
окислительно-восстановительные
3/667, 669, 767; 1/652, 653, 972;
2/334, 335, 450; 4/155, 820
оседания частиц при их перемеще-
нии в жидкости 3/1173, 1174;
5/898
пассивации и перепассивации ме-
таллов 3/888-890
питтингообразования 3/1086-1088
поляризационный, см. *Электростатическая защита*
пороговые 5/878
прямоугольной ямы 5/72
седиментационный 5/847, 848, 850,
898
средней силы, см. *Гидрофобное взаимодействие*
стандартные 4/819, 154, 155, 820,
821; 3/667; 5/840, 843
стационарный 2/954
термодинамические 4/1071, 823,
1063, 1064, 1072, 1073; 1/762,
1111; 2/513, 1073, 1183; 5/69, 99,
100, 505, 506, 955
течения жидкости через диафрагму
3/1173; 5/89, 847-850
фотонный, см. *Фотоионизация*
Штерна 4/952
химические 5/498, 99, 499, 500, 505;
1/126, 127, 1064, 1065; 2/23;
3/883; 4/361-365, 817, 823
эволюционные иерархических про-
цессов 4/1063, 1064
электродные, см. *Электродные потенциалы*
электрокинетический 2/408
электрохимический 5/920, 466, 499;
3/22-24, 669, 670
электростатический 2/712
Потенциальная теория адсорбции
1/58, 59
Потенциальная энергия
барьеры реакций 1/121-124; 2/906-
909, 911
гармонического осциллятора 2/852
и энергия ионизации 4/151
межмолекулярных взаимодействий
3/17-19
поверхности, см. *Поверхность потенциальной энергии*
Потенциометрия 4/154, 79, 155, 156,
1186; 2/292, 448, 521, 770, 1099; 3/8,
62, 161, 425, 459, 713, 795, 796, 798,
969; 5/77, 150, 172, 174, 196, 388,
554, 610, 708, 750, 768, 924, 1002
понометрия 3/48; 4/155
приборы 1/892; 2/292; 3/582; 4/627,
1057, 1185, 1186
рН, см. *рН-Метрия*
редоксметрия 4/155; 5/924
титрование, см. *Титриметрия, Титрование*
Потери
диэлектрические 2/207, 208
радиационные 2/500
энергии обратнорассеянных ионов
2/508
Поток(и)
графы ХТС 1/1199-1201
деление, принцип 4/989, 990
детекторы 2/43-45
диффузионный, плотность 2/195-
197
и градиент температуры, см. *Термодиффузия*
и концентрации, закон Фика 4/1067
и силы, соотношения 4/1065-1070
ионизирующих излучений 2/499
как скорость переноса 4/1065
обобщенный термодинамический
5/506
перекрестные явления 4/1067
структура, см. *Структура потоков в аппаратах*
тензиометрия 4/1032, 1033
тепловые 2/576; 5/806-808, 810,
811. См. также *Фурье закон «химические»* 4/1067
Полуровневые сечения химической ре-
акции 2/124
Почвы
анализ 3/168, 169
засоление 2/861
и пестициды 2/573; 3/405, 992
как биокосное вещество 1/553, 554
мульчирование 3/1138
питание, см. *Удобрения*
пропаривание 3/1138
растворы 2/348; 3/828
стерилизаторы 3/107
структурирование 1/119; 2/861,
1175; 3/1169, 1195; 4/20
техногенез 3/850
химическая мелиорация 1/1123;
2/587; 3/172, 348-350, 863
эрозия 2/861; 3/1169
Правило(а)
Альдера 1/199, 200
альтернативного запрета частот ко-
лебаний 2/854, 865
антиперипланарности 2/129; 5/939
Ауверса-Скиты 1/416
Бартона 1/464
бензоатное 5/545
Брауна 1/604, 605
Бредта 1/606, 607; 2/599, 935; 3/331
Вальдена-Писсаржевского 5/899
Вегарда 4/1006
Вудворда-Хофмана, см. *Вудворда-Хофмана правила*
Гольдшмидта 2/370; 4/1004
Гофмана 1/1180; 4/425; 5/939
Гримма 4/762
Грюнайзена 3/98
Гуруна-Видала 5/71
Дюгема (Дюэма) 2/312
Дюкло-Траубе 3/1160, 1161
Дюлонга и Пти 3/413; 4/1039
Зайцева 2/310, 11, 14, 311; 3/786;
5/939
Зайцева-Вагнера 2/311, 312, 1293;
5/907
Здановского 4/375, 376
зеркального изменения длин связей
2/1222
золотое Ферми 1/800
нэопреновое Ружички 2/378
Ингольда (Ингольда) 2/128
инертного газа 3/82, 83
Каши 5/351
Клечковского 1/406; 3/960
коллинеарности 2/127, 128
копланарности 2/127, 129
Крама 1/390, 391
Красуского 2/983; 3/733
Лёвшина 2/1222
Льюиса 2/1168
Льюиса-Рендалла 2/7
Марковникова, см. *Марковникова правило*
Музера-Пирсона 4/107
накопления ненасыщенности 1/200
пересечения 4/692
Несмеянова-Борисова 2/128
октантов 3/773; 5/542-545
октета 3/787; 4/106, 107
ориентации в ароматическом ряду
4/417, 420
отбора для периферических реак-
ций, см. *Вудворда-Хофмана пра-
вила*
– и запрета спинов 4/789, 790
– квантовых переходов 2/729, 730,
852-855, 865, 866, 1220; 4/472
– по симметрии 4/692
Е2-отщепления 2/129
Палатника-Ландау 5/99
переноса адсорбционных центров
2/692, 693
пересечения поверхностей потен-
циальной энергии 1/856
Поваренных 4/1004
«подобное растворяется в подо-
бном» 4/355
Полинга 2/510
Попова 4/128, 129; 2/745
Прелого 1/390, 391
эндо-присоединения 2/101; 4/856
Реттерса 4/1006
Румера 1/666
Руффа 4/762
рычага 2/58, 256
сдвига при α -распаде 4/315
специфичности Брауна 1/604, 605
Сиджвика 2/874; 3/82, 83
смешения жидкостей 5/71
соприкасающихся пространств со-
стояния 2/56, 57; 5/99
сохранения орбитальной симметрии
1/841-843; 2/127, 129, 724; 3/235;
4/692, 693, 744
Торнтон 5/642
Траубе 3/1166
Трутона 4/763
фаз Гиббса, см. *Фаз правило*
Хана 4/762
Хлопина 2/1254. См. также *Хлопина закон*
Хунда 5/640, 891; 2/905, 1058; 3/288
Хэлта 3/75
Хюккеля 1/312, 376, 1062; 5/643
циклов 3/773; 5/441
Чаргаффа 3/586
Чугаева 3/773; 5/441
Шамбоа 4/811
Шилье-Гарди 2/817
ЭДН 3/82, 83
экситонной хиральности 5/545
электронных смещений, см. *Мезо-
мерный эффект*
18 электронов 3/82, 83
электростатической валентности
2/510
Эльтекова 5/943
эффективного атомного номера
3/82, 83, 735; 5/735
Юм-Розери 4/762, 1004
Правильность
анализов 3/138, 139
показаний весов 1/685, 686
Празеоиды 4/156; 5/937
галогеиды 2/1038; 4/156, 157, 436,
437
оксиды 4/157, 435, 438, 586
органические соединения 2/828,
1142; 4/68, 157, 605
получение 2/1146; 3/410; 4/157,
435, 436
применение 2/1226, 1227; 4/157
свойства 1/936, 978; 2/383; 3/75,
753, 957, 958, 961; 4/156, 157, 321,
325, 431-434, 584
селениды 4/618
сульфиды 4/910
феррит 5/163
фосфаты 5/251
цианид 5/703
Празеоиды 2/821
Празиквантель 4/225
Празоиды 1/48, 49
Праймеры 1/1045; 3/589; 4/497, 498
Пралинол 2/1276, 1277
Правдилья
теория 3/947
числа 2/1257; 3/944, 1183; 4/1047,
1049, 1050; 5/30, 31, 170
Праунтица-Доахью уравнение 5/72
Презальбуни 1/484; 4/1171
Превитамини 1/746
Преве реактив 4/157
Преве реакция 4/157, 158; 1/841, 960
Прегля методы 4/158, 159
Прегна 1/1046, 1171; 2/957, 958;
4/862, 865
Прегна-Д-пентараны 1/1048
4-Прегнен-3,20-дион 1/300, 1046
Прегнениол 1/50, 300, 1047; 2/958;
4/862, 863
Предваривной разогрев 4/571
Предель(ы)
воспламенения 3/1187-1189
выносливости 2/946
обнаружения 1/550; 2/42-44, 711,
712, 757; 3/136, 139; 4/394;
5/148, 880
огнестойкости 3/646, 647
прочности 3/144, 145, 1123, 1125
распространения детонации 2/46
– огня 3/646, 647
текучести 3/98
Предельно допустимые концентрации
3/154, 850, 854, 855, 866, 867; 4/331,
1196
Предельное разбавление 2/711
Предельные углеводороды, см. *Алканы, Насыщенные углеводороды, Парафины*
Предельный закон Дебая-Хюккеля 2/7
Предельный инициирующий заряд ВВ
2/467
Предион 4/812
Предиссоциация 4/159, 160, 161;
1/856; 2/728; 5/28, 353, 356, 881
Предизонон 1/319; 2/423, 426, 605,
606, 959; 4/219, 236
Предизонон 4/219
Предохранительные взрывчатые веще-
ства 4/161, 162, 731; 1/281, 706
Предохранительные мембраны 1/704
Предплавление 3/1091, 1092
Предполимеры 5/238
Представительные пробы 1/360;
4/181, 183
Предшественники, см. *Биосинтез*
Прекальциферолы 1/746
Прекурсоры 1/1053; 3/846
Пре- β -липопротеиды 2/812
Прелого
напряжение молекул 3/331
правило 1/390, 391
Премиссы 4/162, 163, 604; 3/330, 1121
Пренильные соединения 1/185, 187;
5/34, 35
Пренитовая кислота 1/513, 514
Преображенскит 1/587
Преобразователи
ржавчины 1/1208
термоэлектрические 4/1080, 1081

- Препаративная хроматография 5/625, 624
газоадсорбционная 1/883, 884
жидкостная 2/45, 294, 297
Препарированные соединения
пигменты 3/1013
смола 3/895
Преполимеры 3/742; 5/238
Препреги 4/163, 44, 164, 604; 3/330
Препролакты 4/190
Препросоматилиберии 4/757
Препросоматостатины 4/758
Пре-РНК 4/758, 759, 810, 811
Прерывистого освещения метод 4/164, 165, 462
Пресные воды 1/768; 3/856, 1193
Прессоматилиберии 4/757
Пресскотон 5/144
Прессматериалы
волокнистые, см. *Волокнисты*
древесные массы 2/229, 230
– слоистые пластики 2/230
дугостойкие 3/35
органосиликатные 3/805, 806
получение, см. *Прессование*
реактопласты, см. *Пресспорошки*
стекло 4/839
Прессование. См. также *Прессматериалы*
в жесткой форме 4/15
в камере 4/14, 15
высокоскоростное 4/140
газостатическое 2/735
гидравлическое 1/1219, 1220
и ударные волны 5/53
изостатическое 4/140
нижекислотное 4/6
как способ гранулирования 1/1188
литьевое 3/1213; 4/4, 5
мезги растительных масел 4/382
мундштучное 4/140
прокаткой 4/140
прямое 4/3, 4
радиоактивных отходов 4/320, 321
реактопластов, см. *Пресспорошки*
с вакуумированием 4/4
таблеток 4/970, 971
трансферное 4/4, 5
штанговое 4/7
эфиромасляное сырье 5/1005
Пресспорошки 4/165, 26, 114, 140, 165, 542, 970; 2/229, 230; 3/35, 144, 510, 1121, 1249
Префара 1/1033
Преферат, метаболизм 3/613, 617, 618
Префееновая кислота 3/613; 5/121
Префикс, гербицид 1/1028
Прецессия Лармора 2/77
Прецизионные материалы 3/498, 1254; 4/985, 1086
Преципитат(ы) 4/165, 166, 544, 549; 2/426, 937; 3/173, 440; 5/301, 305
Приближение
адиабатическое, см. *Адиабатические методы*
Бориа–Оппенгеймера 1/45, 791; 5/880, 881, 883, 1056
Гайтлера–Лондона 1/665, 666
гиперцепное 4/829
Гольдмана 3/48
Кариакана–Старлинга 5/71
квазигомогенное 2/1257, 1258, 1260
квазистационарности 2/715, 689; 5/686
ЛКАО, см. *ЛКАО-приближение*
локализованных электронных пар 1/666
одноцентровое 2/1211
Перкус–Иевника 4/829
Планка 3/48
Томаса–Ферми 5/875
Флори 4/368
Хаббарда 5/876
Хартри–Фока 4/691
Хюккеля, см. *Хюккеля метод*
л-электронное 5/875, 876, 877; 3/236
Приборные масла 4/166, 167, 168; 1/52; 3/1125
Приведенные параметры состояния 4/762, 763; 5/71
Привитые сополимеры 4/166, 40, 41, 167–169, 289, 307, 733, 734, 765, 766, 1000; 1/724, 725, 858; 2/465, 1267; 3/54, 202, 1120, 1216, 1230
Пригожина
принцип 3/841
теорема 4/1068
Приемистость 1/327, 500
Прижигающие средства 2/731
Призман 2/366; 3/332; 4/76; 5/354
Прлехаева реакция 4/169, 202, 247; 3/732, 739; 5/961, 991
Прилипатели 3/993
Примахин 4/238, 239
Примеси
легирующие в полупроводниках 4/114–117
лимитируемые 3/835. См. также *Славы*, отдельные химические элементы
Примесная проводимость 3/1104, 1105; 4/103
Примулин 2/1216, 1217
Принса реакция 4/169, 170, 171; 1/198, 639; 3/738; 5/222
Принцип
аддитивности атомных радиусов 1/411, 412
Баландин 2/693
Бертло–Томсена 4/1085
Блэка 4/1028
Вант–Гоффа 2/1168
вариационный 1/681; 3/233, 234
Гиббса 4/1073, 1074; 5/100, 464
Гиббса–Кюри–Вульфа 3/1172, 1173
Дьярмат 4/1069, 1070
«жестких» и «мягких» кислот и оснований 2/281, 282, 920, 930
заполнения Хунда 5/640
запрета 3/892
изообальной аналогии 2/361, 793, 795; 3/82
Кертина–Гаммета 2/739, 127, 740, 914
Китайгородского 3/1145
Куракова 5/174
Кюри 4/1066, 1067
Ле Шателье–Брауна 2/1168; 1/1215, 1216; 3/427; 5/466
максимума площади поверхности жидкости 3/1174
масштабной инвариантности 2/1265, 1266
микроскопической обратности 4/1068
минимального производства энтропии 4/1068, 1069
многократного удвоения 3/1256
наименьшего рассеяния энергии 4/1068, 1069
неопределенности 2/720, 726
непрерывности 5/174
Паули 3/892, 288, 893, 959; 1/405, 781, 1117; 2/719, 723, 904; 4/787, 789, 826, 995; 5/640, 869
Плато 3/1174
Пригожина 3/841
равновесия Гиббса 4/1073, 1074; 5/100, 464
– детального 2/41, 42; 4/691, 832, 1066, 1068; 5/504
– локального 4/1066, 1069, 1074
– подвижного 2/1168
– термического 4/1028
совместимости 5/174
соответственных состояний 4/367
соответствия в квантовой механике 2/717
– энергетического 2/693
сохранения орбитальной симметрии, см. *Вудворда Хофмана правила*
стационарности 3/1266
структурной стабилизации 4/1064
суперпозиции Больцмана 4/485
Флори 2/1268
Франка–Кондона 1/792; 2/528, 1221, 1310
Припон 3/753, 754, 758, 1134; 4/601, 640; 5/753
Приработочные масла 4/171; 3/1127
Природные вещества 3/784
Природные газы, см. *Газы природные горючие*
Присадки
к смазочным материалам 4/171, 167, 438, 439, 725–727, 926, 1115; 1/344, 345, 922; 2/310, 463, 544, 961; 3/84–86, 277, 285, 303, 462, 466, 503, 683, 740, 884, 1054, 1126, 1168, 1245; 5/263, 987
к топливам 4/174, 175, 400; 1/922; 2/103; 3/277, 278, 462, 503, 683; 5/660
Прискол 2/412
Присоединения реакции 4/176, 177, 415, 802, 1107; 1/278, 355, 374, 512, 530, 599, 947, 948, 968, 969, 994, 995, 1114, 1204, 1218; 2/75, 106, 140, 275, 276, 378, 379, 416, 418, 421, 581, 622, 623, 630, 640, 642, 646, 706, 746, 794, 795, 913, 1025, 1203, 1204, 1237; 3/31, 81, 109, 110, 513, 514, 516; 5/533, 733, 827, 828. См. также *Протонирование*
Аири 1/316, 198; 3/555, 556, 701
ацилирование 2/887, 888
Бухнера 2/750
в ароматическом ряду 4/177
введение защитных групп 2/325, 326
внедрения, см. *Внедрения реакции*
Теломеризация
внутримолекулярные 4/314; 5/943
восстановление 2/129; 3/10
галогенирование 1/954–956. См. также *Гидрогалогенирование*
Гипоалогенирование
гетеролитические 1/1060; 2/628; 3/761; 4/176, 1137
гидратация, см. *Гидратация*
гидроборирование 2/129
гидрогенизация, см. *Гидрирование*
гидро- и карбометаллирование 2/889
гидроксиллирование 2/129
гидросилилирование 1/1108, 1109; 2/1018, 1023; 3/79, 80, 478, 737, 1131; 4/682
гидроцианирование 1/1116, 439; 2/121
«голова к хвосту» 5/737
гомолитические 1/1084; 2/746; 4/176
димеризация, см. *Димеризация. Рекомбинация*
динамическая стереохимия 2/128–131
диольные 1/841–843; 2/74, 403, 404; 3/760, 762, 1034; 4/48, 49, 176, 177, 767, 1167; 5/738. См. также *Penne реакции*, *Циклоприсоединение*
диссоциативные 4/750, 751
еновые 2/246, 247
заместительные 5/428
и отщепление 1/954, 956; 3/603, 604
изомеризация 1/1084; 2/101, 128, 129, 131; 3/738; 4/169–171, 176, 312, 553, 619, 856
камфеновые, см. *Камфеновые перегруппировки*
карбонный механизм 4/415, 416
карбонилирование, см. *Карбонилирование*
каталитические, см. *Каталитические реакции*
Кондакова 2/887, 888; 1/941, 942
конденсация, см. *Конденсация (реакции)*
контролируемые 5/263
металлирование 3/72
нитрование 3/528–530, 555, 556
нитрозирование 3/534, 535
нуклеофильные 1/2, 3, 90; 2/94, 296, 402, 403, 405, 411, 598–600, 628, 640–642, 740, 1103; 3/296, 438, 515, 581, 601, 604, 739, 1046, 1248, 1250; 4/176, 177, 416, 553, 924; 5/523
окислительные 1/758; 2/276, 537, 626, 934; 3/10, 72, 77, 79, 476, 477, 1130; 5/263
олигомеризация 3/78, 79, 84, 449, 737, 743, 744, 876; 4/177, 928, 1026
парофазный фотолит 3/533
поверхности потенциальной энергии 3/1175–1177
полимеризации, см. *Полимеризация*
правило(а) Альдера 1/199, 200
– Зайцева–Вагнера 2/311, 312, 1293
– Марковникова, см. *Марковникова правило*
– стереоэлектронные 2/128, 129
радикальные 1/993, 1084; 2/109, 647, 1294; 3/10, 581, 738, 1062; 4/67, 177, 303, 312, 313, 417–421, 924, 934, 1123, 1124, 1155
рацемизация 2/364
региоселективные и региоспецифические 4/176, 425, 426
синтез дисевого, см. *Дисевого синтез*
– циангидриновый 2/752
согласованные 4/176
сольватированного электрона 4/750, 751
сольвомеркурирование 4/553
сопряженные 2/246; 4/177. См. также *Михаэля реакция*
трансаннулярные 4/1228
транслюксонирование 5/661
Уги 5/35, 36
фотохимические 4/907; 5/332, 355, 356, 534
фторирование 5/391
хелатронные 5/442, 443
цианирование 5/704
Циглера 5/711
электронные 2/359, 410, 619, 622, 626, 919, 1103; 3/528–530, 534, 535, 581, 1250; 4/66, 176, 177, 737, 738, 767, 913, 932, 1228; 5/907, 982
Присоединительная номенклатура 3/574
Проальбумин 1/192
Пропорфинны 2/398–400
Пробирный анализ 4/183, 178, 184; 1/686; 2/709, 916; 3/412, 1133
Пробковая кислота 1/989; 2/107, 108; 4/527; 5/21, 721
Проботбор 4/179–183, 279–281; 5/497
Пробоподготовка 4/179–183; 5/497
Пробы аналитические 4/178, 179–183, 279–281, 480, 627, 628, 775–780; 2/293, 609. См. также *Метрология*
химического анализа
Бейльштейна 1/468, 469, 949
в потоке, см. *Проточно-инжекционный анализ*
докторская 3/447

- Лассена 2/1148
Марша 3/308
представительная 1/360; 4/181, 183
просеивание, см. *Ситовой анализ*
система напуска 2/1309, 1314, 1315, 1318
Франшимона 3/503
Провитамин 1/741, 746, 750; 2/239; 3/156, 1089; 4/987, 988
Проводимость
дырочная 3/1103, 1104, 1106; 4/103–105, 112
зона 3/73, 96, 419; 4/103, 104, 995–997, 1075, 1076
ионная 5/857, 859, 861–863
металлическая 2/477, 624, 625, 821, 1317; 3/73, 96, 100, 241, 248; 4/345
примесная 3/1104, 1105; 4/103. См. также *Легирование*
протоиная 5/863
прыжковая 4/108
собственная 4/103–106
электролитов, см. *Электропроводность электролитов*
электронная, см. *Электроны проводимости*
Прогастрии 1/982
Прогенины 5/93
Прогестерон 1/300, 1046–1048; 2/747, 958; 4/212, 862, 863; 5/589, 606
Прогестины 1/1046–1048
Прогесторин 1/1171, 1173
Прогоркание 2/305; 3/1088; 4/381
Программные системы автоматического регулирования 1/23
«Прогресс», алкилсульфат 1/161
Продектин 3/884
Продигиозан 2/427
Продинорфин 3/766
Продуктоселективность реакции 4/854, 855
Проектирование химических производств 4/184, 185–187; 3/943–945
автоматизированное 1/19, 20–22; 2/748; 4/186, 187
Проекционные формулы
Ньюмена 3/606, 266, 267, 571, 572; 4/848
Фишера 5/198
Прозерин 1/346
Прозопин 3/1031
Произведение
активностей 4/187, 188, 356; 1/1065; 2/1254
молярных концентраций ионов 4/187
растворимости 4/187, 188, 356; 5/105
Производительность
аппаратов 3/340; 5/183, 716–718
как скорость реакции 4/718
Производство энтропии 3/841; 4/1065–1070, 1074; 5/956
Пронисектициды 2/468, 472, 473
Пронисулин 1/327; 2/476
Проканамид 3/567
Прокаливание 2/668, 669, 671, 674, 675, 840
Прокальцитонин 2/581
Прокарбази 2/605, 606; 4/235
Прокатка
металлов и сплавов 3/94
пластмасс 4/8, 15, 140
Проколлаген 2/857; 3/199
Проконвертин 2/111
Проксамин 4/188, 31, 189, 202; 3/1165; 5/987, 991
Проксанолы 4/189, 31, 202; 3/1165; 5/991
Проксимфам 1/1030
Пролактин 4/189, 190, 758, 1172; 1/747, 1172; 2/695; 3/399, 1135
Проламины 4/190, 191, 192; 1/470; 3/611
Пролекарства 2/1161
Проллин 4/191, 190, 192, 1075, 1260, 1262; 1/134, 135, 144, 250, 253, 415, 484, 544, 551, 745, 1152, 1181; 2/559, 634, 1172, 1228; 3/488, 619, 620, 809, 926, 933, 1080; 5/968, 969
Пролиназа 4/191
Пролинамид 4/1172
Прологированные лекарственные формы 4/774; 5/108, 109
Промедол 4/192, 813; 1/296, 297; 3/107, 1031
Промежуточные продукты (полупродукты) 5/469
для красителей 2/981
интермедиаты, см. *Интермедиаты*
Переходное состояние
Промекарб 2/473
Прометазин 1/324, 325; 5/146
Прометий 4/192, 193, 332, 336, 432, 433; 3/584, 957; 5/935, 1023
Прометрин 4/1250
Промокаемость материалов 2/324
Проморфинаны 3/275
Промоторы 4/193, 670, 742, 869; 1/662, 666; 2/604, 605, 662, 664, 666, 675–677, 680, 685, 693; 3/126, 767; 5/10, 305, 1047. См. также *Активаторы*
Промывочные жидкости 4/1113, 1114; 5/184, 185, 453
Промышленная санитария и гигиена труда 3/866, 867
Промышленные удобрения 5/54
Пропаза комплекс 4/194
Пронестил 3/567, 568
Пронизон 4/219
Прониферин 2/398, 399
Пропадены 2/1102
Пропан 4/194, 195, 196, 342, 421, 612; 1/431, 833, 896, 909, 911, 913, 914, 917, 927–930, 932; 2/6, 34, 95, 143, 672, 677, 679, 680, 682, 686, 843, 844, 1077; 3/345, 546, 557, 653, 672, 726, 739, 1001, 1056, 1062, 1065; 5/223, 681, 834, 983
Пропаналь 1/196; 3/617–620; 4/207, 208. См. также *Пропионовый альдегид*
Пропан-бутановая нефтяная фракция 1/204, 205; 2/167, 168; 3/441, 461
Пропандитрил 2/1274–1276
Пропандиановая кислота 2/1274
Пропандиолдегидратаза 2/970
Пропандиолы 1/1133; 2/134; 4/198, 199, 1225. См. также *Пропиленгликоли*
1,3-Пропандитиол 2/180
Пропандид 1/1029; 2/203
Пропандид 4/812
Пропановая кислота 2/643, 644; 3/573; 4/206–208
1,3-Пропанолид 2/1141, 1142; 4/205
Пропанолгидрохлорид 1/298
Пропанолы
1-изомер 2/366; 3/617, 618; 4/201, 207, 208, 363. См. также *Пропиловый спирт*
2-изомер 2/366, 380, 381; 4/801, 802. См. также *Изопропиловый спирт*
2-Пропанон 1/436, 437; 2/744. См. также *Ацетон*
Пропан-пропиленовая нефтяная фракция 2/380; 5/593
2-Пропансульфамид 4/897
Пропансульфокислота 4/924
Пропансульфохлориды 4/937
Пропантиол 4/1136
1,2,3-Пропантрикарбальдегид 1/196
1,2,3-Пропантрикарбоновая кислота 5/793
Пропантриолы 1/1145; 4/1102
Пропаратормон 3/883
Пропаргилвиниловый эфир 2/786
Пропаргилгалогениды 1/176; 2/544; 4/195
Пропаргилгидразины 1/1074
Пропаргиллиция 1/396
Пропаргилловая кислота 4/205, 206
Пропаргилловый альдегид 2/360, 381; 4/195
Пропаргилловый спирт 4/195, 206, 801, 802; 1/430; 2/544, 1109
Пропаргит 1/107
Пропатен 4/30, 31
Пропатхлор 1/1029
Пропелланы 3/332; 4/76; 5/719
Пропелленты 4/195, 69, 196; 1/657; 2/19, 118, 1133; 3/985; 5/549
Пропен 4/197, 198, 554; 5/739. См. также *Пропилен*
Пропеналь 1/118, 119, 196
2-Пропенамид 1/114, 115
1-Пропенил 3/569
2-Пропениламин 1/175
2-Пропенилизотиоцианат 1/179
Пропенилсульфиды 4/912
2-Пропенилнитрил 1/117
Пропеновая кислота 1/116, 117; 2/643, 644
2-Пропен-1-ол 1/180; 4/801, 802. См. также *Аллиловый спирт*
2-Пропен-1-тиол 1/179, 180
Пропептиды 2/857
Пропердин 2/876
Пропестидия 3/994
Пропетамфос 2/472
Пропизамид 1/1029
Пропиконазол 5/419
Пропил 1/154; 3/569, 572, 574
Пропиламины 4/196, 197, 198, 204, 205; 1/117, 175; 3/619, 620
N-Пропиламин 1/154
Пропилацетат 3/1059; 4/204
Пропилбензол 1/158; 4/203
Пропилбромид 1/604; 2/811
2-Пропилвалериановая кислота 4/241
Пропилдихлорфосфат 1/962
2-Пропил-3,5-диэтилпиридин 2/1298
Пропилен 4/197, 198
получение 1/513, 928, 931; 2/205, 667, 677, 1005; 3/79, 449, 451, 465, 727, 739, 913, 1061–1066; 4/194, 195, 1060
свойства 1/116, 117, 119, 157–159, 180, 187, 198, 436–438, 538, 644, 648, 649, 754, 756, 865, 998, 1023, 1057, 1077, 1112, 1113, 1146, 1163; 2/91, 143, 210, 379–381, 662, 665, 672, 674, 768, 777, 908, 921, 1298; 3/9, 54, 79, 104, 105, 253, 376, 672, 673, 728, 736–740; 4/193, 199, 202, 203, 265, 308, 421, 687, 850, 869; 5/222, 439, 469, 713, 746, 795, 876, 980, 982–984
сополимеры 1/572, 724, 725; 2/705–707, 921; 3/257, 661, 1267; 4/766, 969, 1087, 1089; 5/397, 991, 992
Пропилгликоли 4/198, 54, 189, 199–203, 1225; 1/1101, 1133–1135; 2/19, 134, 252, 805, 1164, 1179; 3/253, 610, 712, 822, 1117; 5/377, 800
Пропилдиамин 1/453; 2/82, 821
Пропилдикарбоновые кислоты 5/773
Пропилдиоксилианная группа 2/326
Пропилдигидроксилианная группа 2/326
Пропилдикарбонат 4/199, 200, 201, 203; 1/5, 931; 2/638; 3/1216; 5/487–489, 990
Пропиленоксид 4/201, 51, 54, 199, 200, 202, 203, 697, 1096, 1097; 1/180, 392, 960, 1146; 2/379; 3/79, 323, 574, 610, 712, 730–732, 739, 744, 975, 1165, 1210; 5/416, 668, 980, 991
полимеры, см. *Полипропиленоксид*
сополимеры, см. *Проксамин*, *Проксанолы*, *Пропиленоксидный каучук*
Пропиленоксидный каучук 4/203, 31, 94, 202, 204; 2/707, 708
Пропилсульфид 3/733; 4/203
1,2-Пропилсульфит 4/921
Пропилхлоргидрин 1/960; 4/200, 202
Пропилхлорид 4/479
Пропилиодид 2/811
Пропилиодоид 4/479
Пропилкарбамат 5/87
Пропилкарбиол 1/648–650
Пропилнитрат 3/505
Пропилнитрит 3/518
Пропиловый спирт 4/204, 801–804; 1/1163; 2/562, 677
N-Пропилпиридинийоксид 2/1113
Пропилпропионат 4/207, 208
Пропилсульфоановая кислота 4/801
Пропилтрифторсилан 3/801
2-Пропилфенол 1/163
Пропилфторан 5/128
Пропилформат 3/289
Пропилфторсульфат 5/409
Пропилхлорид 2/461, 811
Пропилтилен 3/917
Пропии 2/143; 3/108
Пропинилы 3/569
Пропиновая кислота 2/643, 644; 4/205, 206
2-Пропин-1-ол 4/195, 801, 802. См. также *Пропаргилловый спирт*
Пропиобетан 3/619, 620
β-Пропиолактамы 2/1137
Пропиолактоны
β-изомер 4/205; 2/741, 1141, 1142; 3/105; 5/222
γ-изомер 4/999
Пропиолаты 4/205, 206
Пропиоловая кислота 4/205, 195, 206, 1148; 1/602; 2/28, 643, 644
Пропиомеланокортин 1/51; 3/37, 399, 766
Пропионамид 4/207
Пропионамид 4/207
Пропионат 3/613, 617, 618; 4/1260; 5/583
Пропионаты 4/207; 5/130
Пропионил-кофермент A 1/434, 556, 609; 2/633; 3/617, 618; 4/1260
Пропионил-кофермент A-карбоксилата 1/556
Пропионитрил 1/117; 3/69; 5/14, 582
Пропионовая кислота 4/206, 194, 199, 203–205, 207–209, 312, 904, 1169; 1/116, 440, 556, 609, 610, 736, 1113, 1179; 2/226, 322, 640, 643, 644, 789; 3/252, 613, 711, 969, 1055, 1088; 5/56, 218, 573, 582, 605
Пропионовокислое брожение 1/609, 610
Пропионовоуксусный ангидрид 1/299
Пропионовый альдегид 4/207, 196, 199, 202, 204, 207, 208, 713; 1/196, 198, 301, 302; 3/61, 617–620, 732; 5/134, 713
Пропионовый ангидрид 1/301, 698
Пропиофенон 4/208, 209; 5/219
Пропитка
как метод формования 4/16
капиллярная 2/612, 613
составы, см. *Пропиточные составы*
Пропиточные составы
для бумаги 2/602
для декоративных слоистых пластиков 1/1209
для древесины 2/594–596
для канатов 2/601
для тканей 2/323, 324, 406; 4/1102
Пропоксиур 3/115
Пропоксур 2/473

- Пропорциональный закон регулирования 1/24
- Пропаиранол 2/697
- Пропессофизин 1/661
- Прорезиненные ткани 2/324; 3/1244; 4/443, 445
- Проренин 4/468
- Просветляющие оптические покрытия 3/776
- Просветляющиеся красители 5/383
- Просвечивающая микроскопия 5/869–871, 873, 874, 877
- Проскок веществ 1/61, 772; 2/515
- Проматостатины 4/758
- Пропидин 4/209, 235; 3/1029
- Простагландинсинтетазы 1/296; 4/1194
- Простагландины 4/209, 210–213, 219, 304, 439, 516, 721, 1194; 1/39, 142, 165, 174, 296, 865; 2/106, 140, 241, 478, 743, 760, 875, 1177, 1188, 1190, 1321; 3/103, 396, 439, 579, 794, 975; 5/801, 1036, 1040
- Простановая кислота 4/209
- Простаноиды 4/209, 210; 5/801
- Простакилины 3/396; 4/211, 212
- Простетические группы 1/452; 2/967, 968, 974; 5/34
- Простилочный вар 3/894
- Простой суперфосфат 1/587; 2/590, 1006; 3/172; 4/650, 940–942; 5/297, 756
- Пространственная изомерия 2/366–368, 599, 943, 1259; 3/569, 570. См. также *Атропизомерия*, *Диастереомерия*, *Изомерия оптическая*, *Стереоизомерия*, *Энантиомерия*
- Простые реакции, см. *Реакции химические*
- Простые эфиры, см. *Эфиры простые*
- Протактиний 4/213, 214, 323–325; 1/131, 132; 2/384; 2/1104; 3/97; 5/166, 937
- Протамины 1/322, 330, 362; 2/476, 1176
- Протаргол 4/639
- Протеазы 1/471, 475, 476, 554, 1022; 2/395, 476, 1324; 3/157, 283, 400, 1195; 4/216, 217, 430, 700; 5/16, 17, 159, 1036, 1038, 1039. См. также *Протеолитические ферменты*
- Протеиды 1/394; 3/926. См. также *Белки*
- Протеин 1/119, 471. См. также *Белки*
- Протеиназы 1/417, 551, 1097, 1098; 2/559, 875; 3/199; 4/194, 216
- Протеинкиназа 1/40, 50; 2/578; 3/198, 713, 884; 4/430, 517, 1172, 1236; 5/272
- Протеинфосфатазы 1/40
- Протеогепарансульфаты 4/215, 216
- Протеогепарины 4/215, 216
- Протекторная защита металлов 5/908
- Протеолитики 4/214, 34, 215, 216, 1075; 1/1132; 2/695, 857; 3/286, 287; 5/38. См. также *Мукоталисахариды*
- Протеодермансульфат 4/215, 216
- Протеогератансульфаты 4/214–216
- Протеолиз 1/475, 481, 482, 982; 2/395, 577, 578, 695, 874–876; 3/198, 199, 287; 4/194, 216, 217; 5/518
- Протеопилосомы 2/1200
- Протеолитические ферменты 4/216, 217; 1/471, 472, 474–476; 2/423, 476; 3/934; 5/218, 605. См. также *Протеазы*, индивидуальные гидролазы
- гидролиз пептидных связей, см. *Протеолиз*
- пропаза комплекс 4/194
- экзопептидазы, см. *Аминопептидазы*, *Карбоксипептидазы*
- эндопептидазы, см. *Протеиназы*
- Протеохондронинсульфаты 4/215, 216
- Противовирусные средства 4/217, 218, 219, 231, 464, 519, 742, 1149; 3/595, 596; 5/585
- Противовоспалительные средства 4/219, 209, 220, 569, 861, 927, 940, 1122; 1/637; 2/110, 344, 400; 3/365, 675, 690; 5/143, 523, 774
- Противовуализирующие вещества 1/529, 624, 1067; 2/565; 3/354, 523; 4/254; 5/322, 452
- Противогазы 4/220, 221–225, 833, 972; 2/672, 1206; 3/847, 867; 5/242, 501, 582
- Противогистаминные средства 2/636; 3/110
- Противоглистные средства 4/225, 226, 227, 661, 1126, 1158; 1/996; 2/76, 1151, 1152; 3/118, 405, 1029; 5/146, 280
- Противоградовые составы 4/227; 3/1076
- Противогрибковые средства 4/227, 228–231, 233, 861; 1/1202; 2/623, 1263; 5/118, 416, 585, 587, 751
- Противодымная защита зданий 3/1190
- Противодымные присадки 2/103; 4/175
- Противозащитные материалы 1/345; 2/961; 3/1168; 4/172, 438, 439, 726, 1115, 1237
- Противознозные присадки 1/286; 2/961; 3/277, 278, 1126; 4/167, 172, 174, 175, 400, 438, 439, 726, 1114, 1163, 1237
- Противононы 2/200, 408, 503, 504
- Противокашлевые средства 4/230, 231; 2/399, 401
- Противолежковые средства 3/595, 596
- Противолихорадочные средства 3/1031
- Противомаларийные средства 3/675, 834; 5/520, 521, 523
- Противомикробные средства 4/231, 232–234; 1/453; 2/400, 526, 1263; 3/714; 5/111, 143, 426, 427, 438, 523, 697, 698. См. также *Антибиотик*, индивидуальные препараты и их группы
- Противонагарные присадки 2/964; 4/174
- Противообледенители 2/1209, 1246; 4/400. См. также *Антиобледенители*
- Противообрастающие материалы, см. *Необрастающие материалы*
- Противоопухолевые средства 4/234, 209, 235, 236, 270, 1149, 1249, 1250; 1/570, 571; 2/95, 221, 426, 605, 606; 3/595, 599, 690, 741, 1029; 5/118, 219, 269, 411, 449, 745
- Противоорезольные вещества 3/692, 1229; 5/318
- Противооткатные жидкости 4/1113
- Противопаркинсонические средства 4/236, 237, 238
- Противопеллагрические средства 3/487
- Противопожарная защита 3/1190, 1191
- Противопротозойные средства 4/238, 231, 239
- Противорвотные средства 4/393, 743
- Противореvmатические средства 3/693
- Противостарители 4/239, 240, 1088
- антиокислители, см. *Антиоксиданты*
- и долговечность, см. *Противоутромители*
- и излучения, см. *Антиради*
- резин, см. *Антиозонанты*
- фотостабилизаторы, см. *Светостабилизаторы*
- Противосудорожные средства 4/240, 241, 743; 1/546, 1068; 2/181, 439, 1275; 3/685; 5/115, 973
- миорелаксанты, см. *Курареподобные средства*
- транквилизаторы, см. *1,4-Бензодиазепин*
- Противоточные процессы
- кристаллизация 2/1046
- сублимация 2/1045
- Противотуберкулезные средства 4/241, 231, 242, 569, 623, 1149; 1/1071; 2/371; 3/675; 5/386, 740, 973
- Противоутомители 4/242, 243
- Противошоковые кровезаменители 2/1078
- Противозипилентические средства 4/240
- Против 1/403, 775; 2/758; 4/243
- Протиокارب 4/1132
- Протионамид 4/241, 242
- Протиофос 2/472
- Протоберберины 2/398
- Протовератрины 2/1215; 4/861, 862
- Протодейтерий 2/13; 5/31, 32
- Протодеметаллирование 2/534
- Протодиссии 4/578
- Протолитины 2/1173, 1174
- Протолит, см. *Протолитические реакции*
- Протолитические реакции 1/596; 2/71, 72, 780, 781, 1021, 1022. См. также *Енолизация*, *Кислотно-основной катализ*, *Протонирование*
- Протон(ы) 4/243, 244; 1/403, 408, 775, 778; 3/32, 401, 604, 605; 5/929–932, 1017–1019, 1031, 1032
- «гарпуны» 3/832
- гидратированные 1/1097; 5/424
- «губка» 2/82, 115
- доза излучения 2/216, 217, 221, 298
- как «жесткие» кислоты 2/281, 282. См. также *Протонные кислоты*
- магнитный резонанс 4/605, 606; 5/1025
- обмен, см. *Водородная связь*
- перенос, см. *Протонирование*, *Фотоперенос*
- проводимость 5/863
- радиоактивность 4/316, 317
- сольватация 2/780
- спин 2/718
- сродство 2/782
- ускорение 2/503
- g-фактор 4/788
- химическая поляризация 5/458, 459
- ядер, число и кларки 2/789
- Протонирование 4/244, 245, 297, 309, 991; 1/548, 1097; 2/70, 244, 409, 411, 418, 419, 456, 626, 628, 813, 919; 5/21, 154, 368, 384, 422–424, 519, 907. См. также *Кислоты и основания*, *Кислоты неорганические*
- Протонные кислоты 1/116, 953; 2/628, 642, 664, 666, 697, 770, 774, 779–782, 1293; 3/738; 4/1157; 5/197, 367
- Протопектин 3/896
- Протоии 2/398, 399
- Протопорфирины 2/973, 974; 4/145, 146; 5/575, 576, 772
- Протосинтез 3/275
- Прототитрий 5/2, 3
- Прототропия, см. *Прототропная таутомерия*
- Прототропная таутомерия 1/174, 181, 746; 2/411, 421; 3/62, 549, 709, 951, 1033; 4/273, 991, 992; 5/97, 308, 359
- Протофильное замещение 4/1157
- Протохлорофилл а 2/974, 975
- Проточно-инъекционный анализ 4/245, 246; 2/1100; 3/798, 799; 5/151
- Проточные методы 4/880, 881
- Проточные устройства
- калориметры 2/575
- кристаллизаторы 2/1046
- насосы 3/343, 344
- реакторы 1/486, 689
- сублиматоры 2/1045
- Протозетин 1/145
- Протравители (протравы) для гравирования 4/943
- для крашения, см. *Протравные красители*
- древесины 3/689
- семян 4/247, 494, 544, 554; 3/993; 5/416, 419–421, 631, 707
- Протравные красители 4/247, 248, 947; 2/253, 268, 731, 971, 981, 982, 991, 992, 995, 996, 1000, 1321; 3/700
- азосоединения, см. *Азокрасители*
- ализариновые 1/139; 3/1054
- антрахиноновые 1/353; 3/690, 691; 4/247, 248
- зеленый Бс 3/537, 538
- ксантеиновые 4/247, 248
- основные 2/977; 3/833
- тиазининовые 4/1117
- трифенилметановые 4/247
- Протромбин 1/749–751; 2/111, 342; 3/200; 4/248, 249; 5/17, 126
- комплекс 4/248, 249, 250; 5/16, 1036
- Протяжка профильных изделий 4/15
- Проул 1/1027
- Профакс 4/30, 31
- Профенд 4/219, 220
- Профенфос 2/471
- Проферменты 2/875; 3/1098; 4/430; 5/518
- Профибриолизин 1/248
- Профилированные волокна 3/1202
- Проксимонин 5/518
- Прохиральные соединения 1/388, 389; 5/538, 714
- Прохлаза 5/420
- Процессивание 3/857, 967, 968
- Процессинг 2/1322, 1324; 3/198; 4/517, 810. См. также *Транскрипция*
- Проциины 1/129; 5/420, 769
- Прочность материалов 4/250, 251, 252, 489, 808, 994; 2/224; 3/1123, 1140, 1219, 1220; 5/171
- адсорбционное понижение 3/85, 1169, 1173, 1174; 4/952. См. также *Рейбиндера эффект*
- и поверхностная энергия 3/1162
- на растяжение, предел 3/144, 145
- Прочный желтый 5/19
- Прозекфалин 3/766
- Проявители, см. *Проявительные методы в фотографии*
- Проявительные методы в фотографии 4/252, 253–255, 502–508, 625, 626, 695; 1/268, 833, 1116; 2/139, 455, 1334; 3/364, 365, 367, 1057; 5/181, 324–327, 329, 330, 452, 453, 455, 531
- при зарождении новой фазы 2/319
- хроматография 1/304; 2/295, 296; 4/555; 5/621
- Пружинные приборы
- весы 1/685, 687, 688, 693, 694
- манометры 2/1281–1283
- Пружинные сплавы 2/260, 1333
- Пруста закон 3/413; 4/150, 866; 5/508, 515
- Прустит 4/637
- Прыгающие геи 3/149–152
- Прыжковая проводимость 4/108

- Прямые красители 4/255, 256, 1199; 2/976, 977; 3/382, 997; 5/124, 382
азосоединения 1/83, 85; 3/998; 4/247
выпускные формы 2/982
диоксаниновые 3/676; 4/255
для бумаги 2/989, 990
для волокон 2/81, 991, 992; 3/3; 4/255, 256
для древесины 2/994
для кожи 2/995
для меха 2/999
желтый К 1/85
фталотианиновые 4/255; 5/382
черные 3 и 3Ш 2/999
ярко-голубой светопрозрачный 3/676
ярко-оранжевый 1/83
- Прямые методы
взвешивания 1/685
измерений 3/137, 639, 640; 5/172, 173
титриметрия 2/1097–1100; 4/1189
- Прямые процессы
ионизация фотонами 2/499
химические реакции 3/238–240
- Прямые удобрения 5/54
- ПС, см. *Полистирол*
- Псеадоэотропы 1/67
Псеадоиннарные соединения 3/576
Псевдобутилен 1/638–640
Псевдовитамины 1/744
Псеадоволластонит 4/675, 676
Псевдовращение 4/256, 46, 47, 257; 2/907, 909, 910, 932; 3/392; 5/308
Псевдоалогениды 1/970; 3/576; 4/594, 595, 1164; 5/699, 701, 702
Псевдоалогены 1/970; 2/315
Псеадогели 1/1001
Псеадогидраты 1/1078, 1097
Псеадогидроксиды 3/576
Псевдогиперидии 2/972
Псевдоиндоксил 2/457
Псеадоиндол 2/458
Псеадоионы 2/517, 966
Псевдоионы 2/518
Псевдоквасцы 2/730
Псевдоколлоиды 2/1254
Псевдокумидин 4/258
Псевдокумол 4/257, 258; 1/514; 2/236; 3/27; 5/567
Псевдолиофильность 2/1183
Псевдоморфизм 5/958
Псевдомочевая кислота 3/279; 5/197
Псевдонитрилы 3/541, 556, 702
Псевдоожигение 4/258, 138, 259–266, 1244; 1/1105; 5/712, 777. См. также *Кипящий слой, Псевдоожигенный слой*
и коксование нефтяного сырья 2/844
и масштабный переход 2/1321
и перемешивание 4/1245
и пневмотранспорт 3/1156, 1158
и полимеризация 4/31
и растворение 4/353, 354
и структурообразование 4/886, 887
и сублимация–десублимация 4/891
и теплообмен 4/1050
и термоконтактный крекинг 4/1060
и хемсорбция 5/448
циклические режимы 5/718
- Псеадоожигенный слой 1/62, 1058, 1188; 2/683, 1052, 1307, 1321; 4/258–266, 401, 736; 5/170. См. также *Кипящий слой, Псевдоожигение*
- Псеадоожигенный электрод 4/266
суспензийный 4/953
Псевдооксоглероды 3/723
Псевдооснования 4/266, 267, 1144; 3/830
Псеадопериклические реакции 3/965
Псевдорастворы 2/860
Псеадопероксиды 3/980
- Псевдотекущность 4/886
Псеадоуридии 3/174; 4/811, 1238, 1239
Псевдофазы 3/183, 185, 186
Псеадоэпизоакарпиллин 1/148
Псевдоэфедрин 5/1002
D-Психоза 2/1211
Психофуранин 3/595
Психомелан 2/1285, 1290
Психоаналептики 4/267, 268
Психодислептики 4/269
Психозии 2/1191; 5/693
Психозомнетиические средства 4/268, 269. См. также *Галлюциногены*
Психостимулирующие средства 4/267, 268
метилксантины, см. *Кофеин, Пуриновые алкалоиды*
феинилалкилманы, см. *Дофамин, Индопан, Норадреналин, Сиднокарб, Фенамин*
Психостимуляторы 4/267, 268
Психотоники 4/267, 268
Психотропные средства 4/268, 269; 3/1029; 5/111, 116, 536
азаниды 1/64
анксиолитики, см. *Транквилизаторы*
нейроплегические, см. *Нейролептические средства*
ноотропы, см. *Ноотропные препараты*
от депрессий, см. *Антидепрессанты*
отравляющие вещества 3/845, 846
стимулирующие, см. *Психостимулирующие средства*
- Психометрия 1/756; 4/955
Псобоера 5/342
Псорален 5/342, 1055
ПСХ, см. *Поливинилхлорид хлорированный*
Птеридин 4/269, 270; 2/975
Птеридиноны 4/270
Птеридиноны 4/270
Птерин 3/504; 4/270
6-Птеринкарбоновая кислота 5/214
Птероилполипутаматы 5/215
N-Птероил-L-путаминовая кислота 5/214
Птичий жир 2/307
Птичий помет, удобрение 3/789
Пуассона
распределение 3/137
уравнения 1/43; 2/7
функция 3/1166
Пуберуловая кислота 5/21
Пуваден 5/341
Пушлингование 2/264
Пузыри, процесс
везикулярный 4/501, 507, 509
зарождение новой фазы 2/317
кавитация 5/59–61
кипение 2/760–763
псевдоожигение 2/1321; 3/258, 260
слияние, см. *Коалесценция*
флотация 5/205, 206
Пулегол 4/271
Пулегон 4/271; 3/60
Пуллиланза 2/988
Пултрузия 4/15
Пульвиновая кислота 2/973
Пульпа(ы)
гидравлическая классификация 2/790–792
и эрозивная коррозия 2/956
обезвоживание 3/637
флотация 1/1111; 2/491. См. также *Обогащение полезных ископаемых*
фосфатные 3/520
Пульсационные аппараты 3/271, 272, 349, 402; 2/490, 491, 1046, 1307; 5/824, 831
Пумилитоксины 5/1043, 1044
- Пуммерера перегруппировка 4/272, 209, 210, 925
Пураторы 2/158
Пурен 5/140
Пурепласт 3/746
Пуривел 2/37, 38
«Пуризол»-газоочистка 1/931
Пурин(ы) 4/273, 235, 274–277, 524, 1248; 1/560, 710, 1097; 2/412, 969, 1172; 3/289, 786; 5/225, 449
агликоны, см. *Пуриновые основания*
алкалоиды, см. *Пуриновые алкалоиды*
антибиотики, см. *Нуклеозидные антибиотики*
нуклеозиды, см. *Минорные нуклеозиды*
Пуриновые алкалоиды 4/274, 268, 269, 275, 774, 775; 1/143; 2/966, 967, 1085; 3/786; 5/593, 707
2,6-Пуридинон 2/1083–1085
Пуриновые основания 4/275, 274, 276, 277, 492, 495, 518, 519, 810, 1001, 1238; 1/39, 64, 744, 751, 1149; 2/241, 426, 1084; 3/294, 296, 297, 299, 300, 585, 586, 1241; 5/216, 217
и пиримидиновые основания, комплементарность 3/211, 1051; 4/276, 1229–1231
канонические, см. *Аденин, Гуанин*
метаболизм 3/619, 620, 622, 623
минорные, см. *Ксантин, Минорные нуклеозиды*
нуклеиновых кислот, см. *ДНК, РНК*
нуклеозидов 3/594–599
нуклеотидов 3/619, 620; 4/275–277
хроматография 2/519
Пуриноксиды 4/274
Пурин-2,6,8-трион 3/279
Пуроминин 1/260; 3/595
Пурпур 2/441, 974; 3/758
Пурпуреогликозид А 1/1130
Пурпуреосоли 2/821
Пурпурин 1/260, 353; 2/972, 973; 3/689, 690
Пурпуриновая кислота 3/382
Пурпуриновая реакция 5/579
Пурпурные соединения
бензол 2/646; 3/25
пиронин 5/649
Пурпурагаллин 3/1054
Пурпуросантин 2/136
Пурпуrol 1/257
Пусковые жидкости 4/1113, 1114
Пуссеры 2/552; 5/749
Путанка 1/807
Пути
реакций 2/917, 918; 3/1176–1178; 4/417, 420, 512
эвакуации людей при пожаре 3/1190
Путресцин 2/81; 3/619, 620, 809, 1080
Пуфемид 4/240, 241
Пуццоланы 5/670–672
Пушечная смазка 2/901; 3/1125
Пушонка 2/586
ПФ, см. *Пиррофосфорная кислота*
Пфиммера–Мосфатта реакция (реактив) 4/277
Пфау прочно-желтые АшГ и АшР 2/997
Пфейфера эффект 3/772
ПХПС 3/851
Пчелиный воск 1/825, 826; 2/770; 3/345, 764, 876, 1125; 5/835, 1003
Пшорра
реакция 4/278, 279
синтез 4/278, 279; 5/117, 127
Пылемеры 4/279, 280, 281
Пылеулавливание 4/281, 282–286, 629, 954, 967; 1/448, 898–900, 931, 1105; 2/196, 613; 3/613, 819, 922; 5/225, 726. См. также *Пыли, Циклоны*
Пыли(ы) 1/446, 898, 900; 2/153; 3/848–850, 852–855, 863, 1194
- кремнеземная 2/1028
стоксовский размер 4/283. См. также *Пылемеры*
улавливание, см. *Пылеулавливание*
цементная 2/348
цинковая, см. *Цинковые материалы*
Пьезокерамика 2/733; 4/284
Пьезомагнетик 2/1072
Пьезоприборы
влажмеры и гигрометры 1/754
датчики давления 2/1284
плотномеры 3/1150
резисторы 2/1072
уровнемеры 5/90
Пьезоэлектрики 4/284, 110, 285, 681, 682, 698, 699, 985, 986, 996; 2/583, 733, 1071, 1072, 1208; 3/167, 418, 489, 777; 5/26, 62, 761
изоморфное замещение 2/371
поляризация при сжатии, см. *Пироэлектрики*
– спонтанная, см. *Сегнетоэлектрики*
Пьезоэффекты 4/284, 996
Пьюрек-процесс 3/1155
Пэксолин 5/144
ПЭПА, см. *Полиэтиленполиамин*
- Пятна
дифракционные коллоидные 5/63
диффузные 2/191
«черные», см. *Диффузионно-контрастируемые реакции*
Пятновыводители 4/285, 286; 1/657; 5/724, 777

Р

- Р-84, волокно 5/22
Работа
адгезии 1/36; 2/1182; 4/729
выхода частиц, см. *Межфазные скачки потенциалов*
как электрохимический потенциал 5/920
когезии 1/36; 2/833, 1182
максимальная реакция 2/1268, 1269, 1270; 1/762; 4/1071, 1072; 5/505, 804, 805
образования зародышей новой фазы 2/317, 318, 760, 761; 3/1171
повышения давления газа 2/881
холодильных циклов 5/595–604
Работоспособность оборудования 3/320, 323
Рабочая линия процесса 1/9, 10, 12, 13; 2/1305–1307; 4/453–457
Рабоче-консервационные масла и смазки 2/900, 901; 3/277
Равновесие
в растворах полиэлектролитов 4/79, 80
вековое радиоактивного ряда 4/322, 325
Гиббса 4/1073, 1074; 5/100, 464
детальное, принцип 2/41, 42; 4/691, 832, 1068; 5/504
индикаторов 2/446, 448
карбонатное, см. *Кальций*
квантостатическое 4/1074
кето-енольное 2/247
константы, см. *Константы равновесия*
конформационное 2/369, 739, 740, 907, 912–914; 5/544
локальное, принцип 4/1074
метастабильное 2/859; 4/1074; 5/100, 101
механическое 4/1073
моно- и синтетическое 2/61; 5/101
перитетическое 5/101
при адсорбции, ступень разделения 1/11
при экстракции 5/825–828

- таутомерное 4/991
термическое 3/1094; 4/1028, 1029, 1073; 5/99, 351
термодинамическое, см. *Термодинамическое равновесие*
устойчивое, закон 3/936
фазовое, см. *Фазовое равновесие*
факторы 5/97
химическое, см. *Химическое равновесие*
частичное, см. *Обратимые и необратимые процессы*
эвтектическое 2/58–60; 5/101
электрохимическое 5/841, 920, 924
Равноэнергичная линия процесса 1/7, 9, 10, 12, 13; 2/1305–1307; 4/453, 454
Равноплечные весы 1/685, 687–690, 700
Равель 4/43
Раденпур 4/1224, 1225
Радиационного реакция 4/287, 288; 3/513
Радиационная защита 4/288, 289, 294, 1139; 2/503; 5/4, 5
дезактивация 2/15, 16
и радиоактивные отходы 4/319–322, 335
одежда, см. *Защитная одежда*
от облучения, см. *Доза излучения*
Радиационная полимеризация, см. *Полимеризация*
Радиационная стойкость 4/289, 290, 291; 3/1124
Радиационная химия 4/291, 292, 296; 5/177, 480, 509
и дозиметрия 2/219, 220, 221
и радиохимия 4/292, 336
и реакции, см. *Радиационно-химические реакции*
и технология, см. *Радиационно-химическая технология*
и химическая кинетика 2/753
методы, см. *Радиационные методы*
приборы, см. *Радиационные устройства*
Радиационно-химическая технология 4/292, 16, 116, 293–295, 298; 2/503; 3/201. См. также *Радиолит*
Радиационно-химические реакции 4/295, 292–294, 296, 329; 2/221, 379, 501. См. также *Радиолит*
выход продуктов 4/298, 290, 293, 750; 2/221
деструкция и старение полимеров 2/39; 4/822
диффузионно-контролируемые 4/297
и механические воздействия, см. *Механические воздействия*
и мутации 3/297, 298, 301
иницирование 2/466
ионо-молекулярные 2/509, 531; 4/297
кинетики 2/753
коррозия 2/956
окисление 3/860
плазменные 4/295
полимеризация, см. *Полимеризация радиационная*
рекомбинация 2/530
Радиационно-химический выход 4/298, 290, 293, 750; 2/221
Радиационные методы дефектоскопии 2/49
дозиметрия 2/219, 216, 217, 220, 221, 1209, 1227; 3/501; 4/329, 338
интроскопия 2/49
Радиационные потери 2/500
Радиационные устройства датчики давления 2/1282
детекторы 2/43–45
печи 3/999, 1005–1008
пирометры 3/1072
электронные 5/836
Радиационные характеристики молекул 2/726, 727
потока электронов 2/500
производительность аппаратов 4/294
стойкость материалов 4/289, 290–292, 298, 442–444; 1/345, 629, 978; 2/126, 503, 516, 704, 708; 3/87, 806, 837, 1117, 1124, 1126. См. также *Индивидуальные материалы*
Радиационные эффекты 2/219, 220; 5/1021, 1022. См. также *Ионизирующие излучения*, *Радиоактивность*
Радий 4/298, 299, 300, 318, 319, 323–325, 335, 762; 1/1015; 3/84, 97, 169, 413, 583, 957–959, 1193; 5/335, 796, 797, 937, 945, 946, 1017, 1022
Радий-це-стрих 4/323–325
Радикалов теория 3/572, 785; 5/509
Радикалы 3/572, 785; 5/509
номенклатура 3/577
«протени» 1/471
свободные, см. *Радикалы свободные*
Радикалы свободные 4/300, 301–304, 867; 1/560, 562, 1153; 2/1224; 3/204
азотокисные 3/543–546
алкилдиениминокислые 2/419
аминокислотные 3/543–546
аминокислотные 3/543–546
арокислотные 1/371, 977, 978; 5/142
вердизинные 1/683, 684; 4/302; 5/219
вещества-ловушки, см. *Спиновых ловушек метод*
время жизни и гибели 4/164, 165
гальванический 1/977, 371, 978; 4/302
генерирование 1/780, 1157, 1159, 1162; 2/5, 464–466, 645, 754, 945, 965; 3/146, 147, 298, 660, 666, 788, 939, 976, 977, 979, 1062; 4/297, 304, 305, 310–314; 5/59, 60, 93, 94, 336, 548. См. также *Фотохимические реакции*, *Цепные реакции*
геохимия 1/1018
гидразильные 1/1070; 2/185; 4/302
N,N-дифенил-N'-пикрилгидразильный 2/185; 1/1070; 4/302
замороженные 4/301. См. также *Клетки эффект*
зарядные, см. *Ион-радикалы*
и спиновой ловушки метод 4/790–792
и спиновых ловушек метод 4/795
нимокислотные 2/419; 3/543–546, 702; 4/303
инертные 4/301
Коппингера 1/977
мультиплетность 3/204, 288. См. также *Бирадикалы*
нитрокислотные 3/543, 544–546, 549, 550, 681; 1/1095; 2/419, 432; 4/302–304, 589, 790–792, 795, 1256
обнаружение и анализ 2/293, 345, 346; 4/304, 795. См. также *Химическая полимеризация ядер*, *Электронный парамагнитный резонанс*
окислительные 4/1123
оксидфторидные 2/769
пары, см. *Радикальные пары*
пергалогеналкильные 5/261
пероксидные 2/432, 433; 5/445
применение 2/872, 873, 1125–1127, 1184, 1185; 3/662; 4/790–792
рацемизация 4/311
реакционная способность 2/1268; 4/303, 304; 5/332, 891, 893, 903. См. также *Радикальные реакции*
резонанс структур 4/447
рекомбинация, см. *Рекомбинация радикальная*
семихиноновые 4/623, 624; 5/142
тетразолильные 5/219
тиольные 4/1123, 634, 1124, 1137
триарилметилные 4/1254, 301, 302, 1255; 1/393; 3/786; 5/5–8
тропиловые 5/20
фактор Ланде 5/888
формильные 5/224, 225
фторалкильные 5/383
хлоркислотные 5/556
Радикально-функциональная номенклатура 3/572, 573
Радикальные пары 4/309, 413, 867; 2/810, 811, 1034, 1239, 1251, 1252; 5/336–338, 355, 356, 458–460, 891, 893
Радикальные реакции 4/310, 303, 304, 311–314; 1/599, 1114; 2/192, 646, 898, 1096; 3/316, 549, 738, 739, 787; 5/124. См. также *Радикалы свободные*, *Радикальные пары*
алкилирование 3/557; 4/312
арилрование 1/1157; 3/557; 4/1157
Бартона 1/464, 465; 3/518, 535
в полимерах 2/38, 39; 3/1115; 4/252, 814–816, 821, 822
внутримолекулярные 1/464; 2/810, 811; 4/313, 314
восстановление 2/524, 526; 4/310, 314
галогенирование 1/953; 2/398, 651; 3/101, 346, 383; 4/310; 5/739
гидрогалогенирование 1/1084
Гомберга-Бахмана-Хей 1/1157, 1158; 2/17; 3/1045; 4/62, 1157
гомолитические 1/1162; 2/313, 314
деалкилирование 2/5
дегидрохлорирование 2/13
дейтерирование 2/26
димеризация 2/1252
диспропорционирование 2/39, 40, 157, 158, 465, 525, 1239; 3/1062; 4/303, 306, 308, 310, 311
замещение, см. *Замещение реакции*
и химическая полимеризация ядер 5/458–460
и эффект клетки 2/810, 811
ингибиторы 2/185, 433; 3/545, 745
инициаторы, см. *Инициаторы радикальные*
интермедиаты 2/478; 4/301
конкурирующие 2/897, 898
механизмы 3/140, 143, 147
миграция свободной валентности 1/548
молекулярные перегруппировки 3/938, 939
нечетные 2/754
нитрование 2/313; 3/101, 528, 530, 531
нитрозирование 3/534, 535
нуклофильные 4/311
одиноэлектронный перенос 3/652, 653; 4/314
окислительные 1/31; 2/91, 313, 464, 465, 651; 3/79, 101, 146, 666; 4/165, 310, 313, 314, 768; 5/548
пирилиз 3/1059; 4/301
под действием света, см. *Фотолиз*, *Фотохимические реакции*
поликонденсация 4/32
полимеризация 4/305, 21, 28, 39–41, 43, 70, 81, 164–168, 306–310, 313, 669, 670, 764, 765, 840, 850, 1000, 1124; 1/18, 629, 636, 858, 1162; 2/284, 285, 434, 464, 673, 755, 1018, 1267, 1268; 3/114, 123, 516, 738, 739, 742, 743, 745, 839, 840, 977, 1193–1198, 1211, 1223, 1224, 1226, 1227, 1229, 1230, 1232, 1233, 1265–1269; 5/682, 684, 949–951
присоединение, см. *Присоединения реакции*
прогорание жиров 2/305
рацемизация 4/311
рекомбинационные, см. *Рекомбинация радикальная*
сольватация 1/548; 4/301, 302
сополимеризация 2/284, 516; 4/40, 306; 5/983
сопряженные 4/768
стереоэлектронные, правила 2/128
сульфоокисление 4/918, 924
сульфохлорирование 3/101; 4/310, 918, 924
теломеризация 2/464, 466; 4/307, 312, 1026, 1027; 5/776
термолит 4/552
формилирование 4/340; 5/225
фотолит 2/526; 4/552
цепные 1/1159; 2/313, 464–466; 3/146, 346, 545, 666; 4/310, 311, 413, 415, 1123. См. также *Цепные реакции*
элиминирование 5/939
Этара 5/976
Радиоактивный анализ 1/119–121; 3/8; 5/284, 610
Радиоактивная постоянная 4/316
Радиоактивное излучение 2/1219, 1227, 1228; 4/192
жесткое электромагнитное, см. *Гамма-излучение*, *Ионизирующие излучения*
и обогащение полезных ископаемых 3/635
самопроизвольное, см. *Радиоактивность*, *Радионуклиды*
Радиоактивная постоянная 4/315, 244, 292, 300, 316–332; 3/605, 606; 5/1017, 1032
горячих частиц 4/318, 319, 332, 337
земной коры 1/1019
и люди, см. *Доза излучения*, *Дозиметрия*, *Радиационные средства*
и нуклиды, см. *Радионуклиды*
и окружающая среда 3/854. См. также *Радиоактивные отходы*, *Радиозеология*
и радиосейсмостроения, см. *Радиоактивные ряды*
и стабильность веществ, см. *Радиационная стойкость материалов*
и химия, см. *Радиохимия*
и ядерные реакции 5/1019
«наведенная» 3/1124
самопроизвольная, см. *Радиоактивное излучение*
удельная 2/381, 382, 385
Радиоактивные вещества (частицы, соединения) 1/554
горячие, см. *Радиоактивные горячие частицы*
изотопы, см. *Изотопы*
индикаторы, см. *Индикаторы*
метки 2/384, 385, 1184, 1185, 1187, 1190; 3/589; 4/325, 337, 517; 5/270. См. также *Меченые соединения*
нуклиды, см. *Радионуклиды*, *Радиоактивные ряды*
отходы, см. *Радиоактивные отходы*
семейства 4/322–325
элементы 1/1015; 2/1107, 1111; 4/298–300. См. также *Актиноиды*, *Редкие элементы*, *Трансурановые элементы*, *Индивидуальные представители*
Радиоактивные горячие частицы 4/318, 319, 332, 337
Радиоактивные отходы 4/319, 320–322, 332, 337, 876; 2/15, 16; 5/4, 5, 1031
Радиоактивные ряды 4/322, 323–325, 331, 335, 337; 2/383–385; 3/606; 5/946
Радиоактивный 4/323–325

- Радиоаналитическая химия 4/328
 Радиоглязды 4/325, 326; 2/49; 3/402
 Радиодефектоскопы 2/48
 Радиозащитные средства 4/326, 292, 327; 3/63, 681, 867
 Радиоизотопные приборы
 анализаторы газов 1/894
 — жидкостей 2/293
 вакуумметры 1/663
 генераторы 3/1130
 плотномеры 3/1146, 1150, 1151
 пылемеры 4/279, 281
 уровнемеры 5/91, 92
 Радиоиммунологический анализ 4/328
 Радиомунный анализ 2/426, 1158; 4/328
 Радиоиндикаторные методы анализа 4/327, 328
 активационный, см. *Активационный анализ*
 изотопное разбавление 2/381, 382, 383, 1315, 1318; 1/94, 917; 4/327, 328, 557; 5/656
 инструментальные, см. *Радиометрия*
 Радиоиноизация 2/43
 Радиолангидный анализ 4/517
 Радиолит 4/329, 295, 298, 1134; 2/385; 5/409
 воды 1/767, 786; 2/221; 4/292; 5/4
 газофазный 2/531
 импульсный 2/430, 503, 552; 4/292, 295, 462
 продукты 2/430; 4/292, 297, 301, 750, 791
 Радиолуминесценция 2/220, 221, 1219, 1227, 1228
 Радиолуминофоры 2/1227, 1228
 Радиометрия 4/329, 105, 327, 330, 331, 335, 1209; 2/49, 220, 387, 1227; 3/425, 492; 5/77, 762
 и обогащение полезных ископаемых 3/635; 4/981
 метод корректировки 2/382
 титрование 4/328
 Радионуклиды 4/331, 332; 2/370, 503, 962; 3/403; 5/166, 1017–1020
 анализ, см. *Радиоиндикаторные методы анализа*
 выделение и носители 3/583, 584
 и радиохимическая чистота 4/334, 335
 и макро(микро)компоненты 2/1254
 изотопный обмен 2/387, 388
 как фармпрепараты 4/236
 как ядерное горючее 5/1018, 1019, 1030, 1031
 метки 2/384, 385, 1184, 1185, 1187, 1190; 3/589; 4/325, 337, 517. См. также *Меченые соединения*
 пары, см. *Изотопные генераторы*
 периоды полураспада 2/383–385; 4/316, 317, 321–324, 331, 335, 1241
 природные, см. *Радиоактивность*, *Радиоактивные вещества*
 ряды, см. *Радиоактивные ряды*
 техногенные 4/331, 332. См. также *Радиоактивные горячие частицы*, *Радиоактивные отходы*
 — нейтроны, см. *Нейтронные источники*
 токсичность 4/331
 — защита, см. *Дезактивация*, *Радиационная защита*, *Радиозащитные средства*
 — и экология, см. *Радиоэкология*
 трансмутация 4/321
 химия, см. *Радиохимия*, *Ядерная химия*
 хранение 4/294, 321
 эффект Мёссбауэра 3/65, 66
 эманация 5/945, 946
 Радиопоглощающие и радиопрозрачные материалы 4/332, 333, 334, 706–708
 Радиопротекторы 4/326; 5/203
 Радиоскопия 2/49
 Радиоспектроскопия 4/334; 5/1033
 Радиосубстехиметрический анализ 4/328
 Радиотермолюминесценция 2/220; 4/1076
 Радиоторий 4/322–325
 Радиоуглеродная геохронология 3/402
 Радиофармацевтические препараты 4/236
 Радиофотолуминесценция 2/220
 Радиофотометрия 5/446
 Радиохимическая чистота 4/334, 335
 Радиохимия 4/335, 336, 337; 5/76, 509, 833, 1016, 1033
 и радиационная химия 4/292, 336
 макро- и микрокомпоненты 2/1254; 3/583
 носители 3/583, 584
 фертильные материалы 5/166
 Радиоэкология 4/337, 332, 336–338
 Радиус(ы)
 атомные 1/411, 403; 2/1063, 1064; 3/208, 227, 228, 413, 1145; 4/374, 375, 432; 5/897
 боровский 1/590
 Бьеррума 4/374, 375
 ван-дер-Ваальсовы 1/412; 3/227, 228, 331, 1145
 встречи частиц-реагентов 2/193
 дебаевский экранирования 2/7; 3/1094, 1095; 4/374, 375
 нонные 1/411; 2/7, 511, 527, 1063, 1064; 3/413; 4/374, 375, 432
 ковалентные 1/411, 412; 3/227, 228, 413
 металлические 1/411; 3/97
 электрона 5/868
 Радон 4/339, 152, 299, 300, 328, 813; 1/399, 568, 569, 1015; 2/606; 3/170, 414, 956, 958, 959, 1146; 5/937, 945, 946
 Радонные ванны 3/170; 4/339
 Разбавители 3/328, 373; 5/824
 Разбавление
 и рентгенофлуоресцентный анализ 4/472, 473
 нзонное 4/78
 изотопное, см. *Изотопное разбавление*
 предельное 2/711
 растворов неэлектролитов 4/364, 367
 — полимеров 3/1114, 1119; 4/78, 369, 373
 — строительных и бетонов 3/328, 373
 Разбавляющая способность пигментов 3/1011
 Разветвленные углеводороды 3/345–347
 Разделение
 абсорбционное, см. *Абсорбция*
 адсорбционное, см. *Адсорбция*
 белков 1/476–480
 в аналитической химии 1/293, 295. См. также *Концентрирование*
 в металлургии, см. *Выщелачивание*, *Гидрометаллургия*
 возгонкой, см. *Сублимация*
 газов, см. *Газы*
 — воздуха, см. *Воздуха разделение*
 жидкостей, см. *Дистилляция*, *Ректификация*, *Экстракция*
 изотопное, см. *Изотопное разделение*
 ионообменное, см. *Иониты*
 как метод очистки, см. *Очистка*
 клатратное 2/799
 конформеров 2/913
 коэффициенты, см. *Коэффициенты разделения*
 кристаллизацией, см. *Кристаллизационные методы разделения смесей*
 магнитное 3/1001; 4/981
 мембранное, см. *Мембранные процессы разделения*
 минерального сырья, см. *Обогащение полезных ископаемых*, *Флотация*
 осадительное, см. *Осаждение*
 пенное, см. *Пенная сепарация*
 суспензий, эмульсий и сыпучих материалов, см. *Классификация*, *Фильтрация*, *Центрифугирование*
 термодиффузионное 4/1074; 2/196
 фактор 1/1106
 ферментов 2/295, 1171
 хроматографическое, см. *Хроматография*
 электромиграционное, методы 5/863, 864–867
 электрохимическое 1/295; 3/41, 42. См. также *Электроосаждение*
 Раздражающе-отвлекающие средства 2/173
 Раздувание 4/7. См. также *Формование*, *Экструзия полимеров*
 Размерность физических величин 3/1181
 Разбавители окислительного фосфорилирования 3/668–671. См. также *Ионофоры*
 Разрешающая способность
 приборов 1/686; 2/296, 347; 5/869, 873
 фотоматериалов 5/317, 321, 322, 341
 Раймера–Тимана реакция 4/340, 341, 570; 1/199; 3/689; 5/21, 142, 224, 580
 Райса–Рамспергера–Касселя–Маркуса теория 2/754; 3/258
 Райсера
 реакция 4/341, 342
 соединения 4/341, 342
 Ракетные топлива 4/342, 135, 136, 343; 1/97, 98, 334, 453, 589, 590, 607, 608, 705, 865, 1076, 1080, 1094, 1210; 2/117, 649, 738, 768, 769; 3/107, 505, 507, 547, 729; 5/979
 Рамановская спектроскопия 2/864–867
 Рамберга–Бэкунда реакция 4/343, 344, 933
 Рамины 5/412
 Раммельсбергер 3/473
 3-О-Рамноглоксид 2/973
 Рамнетин 1/519
 Рамноза 1/557; 2/20, 21; 3/895, 896; 4/578, 1010; 5/37, 201
 Рамнозилглюкоза 1/557
 L-Рамнопираноза 3/895
 2-О-α-L-Рамнопиранозил-3-О-β-D-глюкопиранозил-D-галактоза 3/747
 Рамрод 1/1029
 Рамспелит 2/1291
 Рандокс 1/1029
 Раневелин 2/974
 Ранетидин 1/324, 325
 Ранка эффект 5/604
 Ранкин 2/588
 Рапа 1/972; 2/1201, 1246; 3/356, 362
 Раповое масло 4/381, 383
 Раскисление
 металлов 2/546, 625, 1010, 1202, 1235, 1288; 4/876, 1175; 5/257, 285, 696
 почв 2/587
 Раскисляющее давление 4/344, 345, 729, 1206, 1207; 2/859; 3/1174
 Распад
 ретроальдольный 2/1211
 свободных радикалов 4/303, 313
 α,β-типы радиоактивности 4/315, 316, 322, 331
 фрагментация, см. *Расщепление*, *Фрагментация реакции*, *Элиминирование реакции*
 Расплавы 4/345, 346; 5/502, 954
 диаграммы состояния 2/58–63
 и кристаллизация 2/1039, 1040, 1042–1044, 1047–1050, 1061, 1070; 3/255, 256; 5/473
 и нанесение покрытий 2/950
 и полиграфия 4/127, 128
 и сварка 4/582
 и формирование волокон 5/225–232
 и цинирование 5/451
 ионные 2/158, 527; 4/346; 5/857–859
 как клеи 2/803, 808, 809
 как растворители 4/359
 металлов, см. *Плавка (выплавка)*
 механические свойства 3/144
 оксидов и силикатов 4/346, 359. См. также *Шлаки*
 пиролиз 2/332
 поликонденсация 3/1259, 1207, 1208, 1253, 1260, 1261; 4/71. См. также *Полимеры расплавы*
 солей 4/345, 346, 359, 1050; 5/864, 923
 сульфидные, см. *Штейны*
 фазовое равновесие 5/102
 электролит 1/785; 2/579, 769, 1235; 3/349, 1069; 5/854, 923
 электролитов 2/953; 4/346; 5/857–859
 электроперенос 5/897, 898
 электрохимия 5/925, 926, 927
 Распределение
 Бозе–Эйнштейна 4/826
 Больцмана 1/925; 3/1094; 4/826, 827, 1029; 5/886, 887
 Гиббса 1/924; 4/823–827, 830, 1029, 1073
 компонентов между фазами 5/101, 102
 коэффициент для бинарных систем 2/942
 лекарств по органам и тканям 5/109
 Максвелла 1/924, 925; 4/827, 830, 1029
 Максвелла–Больцмана 1/791; 2/125; 4/826, 827
 полимеров по полидисперсности, см. *Молекулярно-массовое распределение*
 — по типам функциональности 2/299; 3/742; 5/425, 426
 Пуассона 3/137
 Ферми–Дирака 4/826
 Флори 3/1258
 Хлопина 5/102
 частиц по микросостояниям 4/823–832
 — продуктов, см. *Молекулярных пучков метод*
 электронной плотности 2/510, 511
 Распределительная хроматография 1/559, 625; 2/294; 4/833; 5/366, 621
 Распространенность элементов, см. *Кларки химических элементов*
 Распыливание 4/346, 139, 347–349, 402, 963, 964; 2/145, 146, 154, 511, 613, 669, 674, 1131; 3/71, 334; 5/62, 831. См. также *Форсуны*
 Рассасывающие материалы 3/1241, 1263; 4/91
 Рассеяние света (ионизирующих излучений) 2/499
 в рентгенографии 4/472, 473, 477
 дифракционное, см. *Дифракционные методы*
 и мутность системы 2/816

- интенсивность, см. *Нефелометрия и турбидиметрия*
ионное 2/507, 508
как свечение, см. *Люминесценция, Люминофоры*
комбинационное, см. *Комбинационное рассеяние*
комптоновское 2/500
критическая опалесценция 2/1073, 1074
молекулярное 3/239, 240
резерфордское 2/1213
рзлевское 2/865, 1073; 4/125; 5/104
стоксово 2/865
Рассеянные атомы, см. *Биосфера*
Рассеянные элементы 4/349, 350, 431, 443, 547, 562–565, 593, 710; 1/672, 1015; 2/334, 789; 3/99, 304, 823, 849; 5/845, 936
Расслаивающая коррозия 3/274
Рассолы 1/768, 852, 971, 972, 1021; 2/1246, 1251; 3/170, 356; 5/45
Раста метод 2/1033
РАСТ-уравнение 5/72
Растворение 4/350, 265, 351–356; 2/1300
аноидное, см. *Анодное растворение*
в звуковых полях 5/62
в расплавах, калориметрия 2/576
взаимное жидкостей 4/356, 357
газов в воде 4/356
и охлаждение 5/604
и прочность кристаллов 3/1173
и экстрагирование 5/823
избирательное 2/916; 4/350
интенсификация 2/491
катодное 2/1098; 5/913
металлов 2/952; 3/987; 4/123
теплоты 4/1037, 1086
энтальпия 4/747, 748, 818
Растворенные вещества 4/360, 365; 5/819–835
Растворимость 4/355, 301, 346, 356–376, 754; 5/176. См. также *Растворители, Растворы*
в твердых растворах 4/1003–1005
газов 1/14–19, 1111; 4/356. См. также *Генри закон*
диаграммы 2/61–64; 4/357, 358, 360, 370, 371; 5/100, 175
и гидратация 1/1076
и гидротропы 1/1110
и давление 1/1215, 1216. См. также *Дальтона законы*
и когезия 4/356
и летучесть 4/356
и липофильность 2/1182
и механическая активация веществ 3/146
и поверхностная активность 3/1159–1161
и сольватация 4/747
и температура 5/176
и ударные волны 5/52
коллоидная 2/1183
критические точки 2/1076; 4/362, 366
параметры 2/833, 834; 4/355, 356, 368; 5/834
произведение 4/187, 188, 356; 5/105
– активностей 4/187, 188, 356; 1/1065; 2/1254
ретроградная 4/357
сегментальная, слой 4/733
Растворители 4/358, 355–357, 359, 360, 889; 1/189, 903, 1097; 2/120, 193, 648; 3/125; 5/111, 860
амфотерные 2/781
апротонные 1/603, 752; 2/115, 121, 620; 4/244, 359; 5/304, 392, 444, 778
бензины 1/502, 498; 2/309, 376; 3/446, 466; 4/285, 286, 359
взаимная диффузия 2/199
вода, см. *Вода, Растворы*
для сублимации–десублимации 4/890–892
и гибкость макромолекул 2/1264
и давление 4/364, 365. См. также *Рауля закон*
и ионные проводники, см. *Электролиты*
и кислотно-основное взаимодействие 2/779–782
– титрование 2/770
и конформационное равновесие 2/912, 913
и окраска индикаторов 2/447–452
и полимеры, см. *Студии*
и растворимость 4/355
и растворы 4/355–376
и сварка 4/582
инертные 1/1140
испарение и выращивание монокристаллов 3/256
континуальные модели 4/408, 409
корреляционные соотношения 2/941
металлов 3/511, 533
неводные 2/199; 3/135; 4/395
неполярные 1/617; 2/143, 511
нефтяные 3/466, 445, 446; 4/358
полярные 1/603, 752; 2/755, 921; 4/422, 423; 5/737, 738, 856, 858, 859, 901
протонные 2/311, 620; 4/359, 371
рекуперация 4/360
«сила» 4/748
способность растворяющая 4/359; 5/834
– реакционная 2/941, 942; 4/404–411, 422–424
– сольватирующая 4/747–749, 752; 5/856–858
шкалы 4/748, 751
экстрагенты, см. *Экстрагирование, Экстракция*
энергия реорганизации 4/409
эффект клетки 4/867
– Коттона 5/545
– тепловые реакций 4/1038
Растворы 4/360, 361; 1/190, 191; 3/413; 5/465, 466
активность компонентов, см. *Активность термодинамическая*
ассоциированные 4/366–369, 372
атермические 4/368, 369
буровые 1/1002; 2/227, 585, 1175; 3/719, 1167, 1168; 4/80, 875, 903; 5/949
буферные 1/652, 139, 653, 1149; 2/571, 743, 1180; 3/625; 4/397, 398; 5/843, 915
внутренние индикаторы 2/446
водные 4/359, 361, 375, 376. См. также *Вода*
вымораживание 1/847
выпаривание 1/847–855
выращивание монокристаллов 3/254, 255
гидратация, см. *Сольватация*
гипертонические 3/826
гипотонические 3/830
диаграммы состояния 2/55–64
диффузия веществ 2/198–200
дубильные, см. *Дубление*
замороженные 2/1219; 5/350
и растворимость 4/350, 355–358
и растворители 4/355–376
идеальные 1/1014, 1015; 4/364, 388; 5/465, 499, 858, 954. См. также *Рауля закон*
изомолекулярные 2/56
изоэнтальпические 3/217
изотонические 2/1078; 3/830
ионные, см. *Растворы электролитов*
наноогенных макромолекул, см. *Полиэлектродиты*
как клеи 2/800–809
квазикристаллическая структура 4/368
кислотно-основное взаимодействие 2/778–782
кислые 4/359, 361; 5/453
клайзеновский 1/163
коллективные координаты среды 4/409
коллигативность 4/365
коллоидные, см. *Золи*
континуальные модели 4/408, 409
коиформные, теория 4/367
красильные, см. *Куб*
криоскопия 2/1033
кристаллизация 2/223, 1060
локальный состав 4/369
Люголя 1/338, 340
медноаммиачный 2/768, 1173; 3/3, 281; 5/663
мицеллярные, см. *Мицеллообразование, Мицеллярные системы, Мыла*
молярность 2/915
молярные 2/915
неводные 4/359, 361
неидеальные 3/365, 366
непрерывные незаряженные, см. *Растворы неэлектролитов*
нейтральные 4/359, 361
ненасыщенные 4/360
нормальные 2/915
окислительно-восстановительные потенциалы 2/450
оптическое вращение 3/298
осмотическое давление 2/293; 3/826–830
останавливающие в фотографии 5/453
парциальные молярные величины 4/361–365, 372–374, 376
пересыщенные 4/360
полимерные, см. *Растворы полимеров*
разбавленные 2/7, 8, 506, 507, 1077; 4/78, 364, 365, 367, 373
реакции 4/404, 309, 360, 361, 405–411, 415; 2/22, 23, 755, 810, 811, 868, 901, 902, 912, 913; 5/336, 856, 863, 864. См. также отдельные реакции
– кинетика 2/192, 193
– механизмы 3/140–143
– поликонденсация 3/1260, 1207, 1253, 1261; 4/25, 71, 95
– полимераналогичные 3/1263, 1264
– полимеризация 3/1267, 1266; 1/632, 635, 636; 2/706; 4/21, 413
регулярные 4/368
Рингера–Локка 2/1078
сравнения 3/217
стоп-растворы 5/453
таннирующие 2/1180
твердые, см. *Твердые растворы*
титр 2/915
теории 1/59, 60; 4/367–369, 374–376, 409, 410; 5/923
термодинамика 4/362, 363, 365–369, 374–376
точка(и) критические 2/1072
– эквивалентности 2/447, 450
Фелинга 1/1069
фискажные, см. *Фискажи*
функции смешения 4/363, 364
щелочные 4/359, 361
эбулиоскопия 5/799
электропроводность 2/895–897
эффект Соре 2/196
Растворы неэлектролитов 4/361, 362–369, 372, 374, 387, 388, 829, 976, 1040; 1/59, 60, 856, 857, 1014, 1015, 1065, 1097; 2/819; 5/71, 465, 826–828, 856, 857, 954
Растворы полимеров 4/369, 77, 361, 366, 368, 370, 371, 488, 734, 829; 1/859, 872, 873, 1001, 1002; 2/153, 154, 819, 859, 1060, 1264–1266; 3/319, 378; 5/70, 225–232, 234–236, 466. См. также *Пластизолы, Полиэлектродиты*
Растворы электролитов 4/371, 77, 361, 372–376; 5/466, 800, 857, 899–901, 923, 924
и гальванические элементы 2/1162
и двойной электрический слой 2/1–4
и ионообменные мембраны 3/55
– сорбенты, см. *Иониты, Ионный обмен*
и нанесение покрытий 1/973–977; 2/950
и неравновесная термодинамика 4/1069
и пассивация металлов 3/888
и Фарадея законы 5/106
– метод выпаривания 5/105
изоэлектрическая точка 2/408
ионы, адсорбция 1/59, 60
– активность, см. *Активность термодинамическая*
– атмосфера 2/7
– гидратация 1/1076
– образование 2/158; 5/856. См. также *Электролитическая диссоциация*
– пары, см. *Ионные пары*
– сила 2/7; 4/78, 187, 188; 5/163
– сольватация 2/527
как электроны 2/507
коррозионная активность 2/953, 958–960
рН-метрия 3/134, 135
микромульсии 3/162, 163
осмотическое давление 3/828, 829
потенциалы, см. *Потенциалы*
проводимость, см. *Электропроводность электролитов*
самосогласованное поле 4/576. См. также *Дебая–Хюккеля теория*
фотоэлектрохимия 5/362, 363, 924; 925
электроперенос, см. *Кольрауша закон*
Растворяющая способность 4/359; 5/834
Растительные масла 4/376, 34, 377–383, 669; 1/865, 1085; 2/539, 660, 799; 3/395, 730, 876. См. также индивидуальные представители
биологическая ценность 4/382
высыхающие, см. *Высыхающие продукты, Льняное масло*
гидрированные, см. *Гидрогенизация жиров*
и мыла 3/302–304
и фактисы 3/1116
нодированные 4/478
как модификаторы 3/445
как пленкообразователи 1/1207; 3/1139, 1140
как присадки 4/172
как слабительные 4/721
невыхисающие 4/377, 378. См. также *Касторовое масло*
полувыхисающие, см. *Подсолнечное масло*
рафинирование 3/1186; 4/380, 382, 383, 743, 744; 5/551
соапсток 4/743
сульфированные 1/17
чисто ильное 2/498
– кислотное 2/770
– омыления 3/764
эмульсии, см. *Кровезаменители*

- Растрескивание 5/366
в студиях 4/889
и прочность материалов 4/250–252
и эффект Ребиндера 5/171
коррозионное, см. *Коррозионная устойчивость*, *Коррозия под напряжением*
озонное 2/704
- Растровая микроскопия 5/869, 872–874, 877
- Расходомеры 4/383, 384–387, 1114, 2/218
- Расширение и сужение циклов 2/33, 36, 37, 71, 75, 76, 1138, 1139, 1252; 3/407, 546, 723, 733, 734; 4/1190; 5/95, 557, 714, 725
- Расшистка тканей 3/360
- Расщепление. См. также отдельные типы химических реакций
белков бромцановое 1/477
в нулевом поле спектров ЭПР 3/309; 4/797, 798; 5/891
галоформное 1/941, 970, 971; 2/647; 4/803
кетонное 1/440
кинетическое 1/393, 1179
Лоссена 2/1213, 1214
мультиплетное 3/288
по Бекману 1/469
по Брауну 1/605
по Гофману 1/348, 1179, 1180; 3/1029, 1030; 5/744, 947
по Смиру 4/37
по Хундликеру 5/641
рацематов 4/391, 392
свободных радикалов 4/303, 313
ферментативное углеводное, см. *Брожение*
фотохимическое 2/410
экситонное 5/545
Эмде 5/947
энергетических уровней 2/328–330; 5/26–28, 886
- Ратциды 2/341
- Рауальфий 1/105
- Раувион 1/105
- Рауль закон 4/387, 364, 365, 372, 388; 1/5, 1014; 3/216, 828; 5/101, 465, 857
- Раундан 1/1033
- Раух-топак 2/1027
- Рафинирование 5/824, 825
аффинаж 3/413, 872, 1133; 4/533, 534, 565, 640
металлов 2/496, 1235, 1245; 3/93, 474, 475, 479, 480, 497, 1000, 1068, 1089; 4/435, 543, 550, 563, 592–594, 615, 944, 1020, 1174; 5/400, 407, 611, 613, 750, 762, 765, 854, 923. См. также отдельные химические элементы
нефтяных фракций, см. *Нефтепродукты*
растительных масел 3/1186; 4/380, 382, 383, 743, 744; 5/551
сахара 2/1246; 3/1089; 5/676
- Рафия 4/27; 5/166, 167
- Раффиноза 3/748; 4/582; 5/375
- Рацемизация 2/363, 364
- Рацематы 4/388, 389–392, 853, 858, 873, 925, 1216; 1/393, 1146, 1147; 2/132, 369, 599, 1141; 3/252, 570, 602, 687, 688, 735, 1263; 5/129, 130, 731, 732, 939, 952, 1015. См. также *Рацемизация*
- Рацемизация 2/128, 369, 729; 4/389–392; 5/732, 904. См. также *Рацематы*
и синтез пептидов 3/931, 933
– – стереоселективный 4/853
и эффект клетки 2/810
кислотная 2/773
окислительная 2/863
пинаколиновая 3/1024
- свободных радикалов 4/311
стереорегулярных полимеров 4/849
ферментативная 2/363, 364, 969
электрохимическая 2/863
- Рациональная химическая номенклатура 3/572, 573
- Рациональные химические формулы 5/230, 237
- Рациональный анализ 5/104, 105
- Рашига
кольца 3/338, 1141
реакции 4/392, 393, 570; 1/1074
- Рвотные средства 4/393; 5/948
- «Рвотный камень» 4/943
- Реагенты 4/414–416. См. также отдельные типы реакций, индивидуальные соединения
возникающие, метод 4/1126
высокоизбирательные 2/347
вычитающие, см. *Реакционная хроматография*
Дэви 4/1133
и субстраты 4/414, 605
нон-парные 2/295
как реагенты, см. *Реактивы химические*
Лавессона 4/1133, 1135
маскирующие 3/713, 715
органические 4/393, 394–397; 2/709–711, 741, 743, 821, 822, 1231, 1271; 5/220, 274, 379
пептизаторы 5/208
сдвигающие 4/605, 68, 606
Симмонса–Смита 4/693
спин-меченые 4/303
Фентона 1/374; 3/637
флокулянты 3/637
флотационные, см. *Флотореагенты*
хелатирующие, см. *Хелатообразующие соединения*
хелатронных реакций 5/442
чувствительность 2/347; 4/395
хромогенные 4/398
шифт 4/605, 606
Шиффа 5/223
электрохлориметрические 2/1230
Эрлиха 2/113, 114; 3/1079; 4/713; 5/970
- Реадиновые алкалоиды 4/397, 398
- Реактивные материалы
индикаторные бумаги 4/398, 399; 1/575, 787; 2/1148, 1231; 3/834; 5/819
клен 2/803–807
топлива 4/399, 175, 400; 1/334, 644, 1090, 1107; 2/682, 1005, 1225; 3/278, 446–448, 462; 5/660
– авиакеросин, см. *Авиационные нефтепродукты*
- Реактивные методы
напыление 3/344; 4/347, 348
распыливание 3/344; 4/347, 348
- Реактивы химические 4/400, 401; 2/731. См. также *Реагенты*
Бенедикта 5/114
бумажные, см. *Реактивные индикаторные бумаги*
Виттига 5/258, 259, 606
Гриньяра, см. *Гриньяра реактив*
Грисса 1/94; 4/394, 935
Иванова 2/344, 345
Иошча 2/85, 532, 533; 5/999, 1000
Лауссона 3/105
Легля 1/437
Миллона 3/163
Несслера 3/433; 1/94, 277; 2/1108; 4/545, 642
Нормана 1/150
Прерво 4/157
Пфизнера–Моффатта 4/277
Реформатского 4/512
сдвигающие 4/605, 606
Твитчела 1/863; 2/304
- Толлеиса 4/1197, 1198
- Фелинга 5/114, 122; 1/199, 726, 1073; 2/743; 3/691; 4/581, 621, 769
- Фентона 1/780; 2/465; 4/312
- Фишера 5/196; 1/108, 109; 2/121, 499, 648, 1024; 3/795
- Фолина 5/217
- Фолина–Дениса 3/710
- Фолина–Чиокаттеу 5/213
- чистота 4/400. См. также *Особые вещества*
- Швейцера 2/1329, 1331
- Шиффа 5/782, 223, 413, 769
- Эльмана 5/941, 768, 942
- Эрлиха 2/113, 114; 3/1079; 4/713
- Яровенко 2/214
- Реактолапы 1/129
- Реактопласты 1/1188; 2/1129, 1319; 3/281, 282, 436, 802–804, 1119, 1121, 1122, 1196, 1197, 1207, 1215, 1216; 4/1–3, 162–164, 445, 446, 449, 661, 844–846, 1013; 5/41, 136, 577. См. также *Пластики*, *Пластические массы*, *Полимеры*, *Смола синтетические*
как матрицы 2/878, 880
как пленкообразователи 3/1140
как покрытия 3/86
крашение 2/1002
наполненные 3/327
отверждение 1/859; 3/838–840
переработка 4/3–17
пресспорошки 4/142–144, 165
сварка 4/583
таблетики 4/970
- Реакторные яды, см. *Ядерное горючее*
- Реакторы химические 4/401, 402–404, 1048, 1051; 5/170, 715. См. также *Аппараты*
адиабатические 3/1065
барботажные 1/1050
безградиентный 1/465, 466, 485, 1165; 2/689; 4/717
бункеры 1/1107
вибрационные 1/708
вычитающие 4/425
газификаторы 4/1061
гидролизные 1/1101, 1102
Гольджи 1/1140
деметаллизации 1/1106, 1107
дифференциальный 1/466
идеального вытеснения и смешения 1/465, 486, 1058, 1165; 2/851; 3/1100, 1101. См. также *Структура потоков в аппаратах*
изотермические 3/1063
импульсные 1/44; 2/190
лифтовые 2/32, 678, 681–683
маштабирование 2/1257, 1320, 1321
мембранные 5/474
плазмные 3/1099–1101
производительность 4/718
проточные 1/486; 2/689, 851
режимы работы 2/689, 690, 693; 4/402–404
со слоем катализатора 1/1057, 1058, 1105. См. также *Каталитические процессы*
трубчатые, см. *Трубчатые аппараты*
ферментеры 1/773; 2/232; 3/155; 5/149–151
- Реакторы ядерные 1/778, 785, 786; 2/25, 190, 503, 553, 952, 1202; 3/349, 403, 404, 492, 493; 4/295, 298, 557; 5/76, 166, 762, 767; 5/4, 1017, 1019, 1022, 1030, 1031
- Реакции химические 4/414, 415, 416; 3/787, 788; 5/502, 506. См. также *Модификации*, *Перегруппировки*, *Расщепление*, *Синтез*, отдельные реакции, в том числе именные, и их типы
- адиабатические 2/918; 3/258; 5/338
амбидентные 2/248
анулирование, см. *Анелирование*
аномальные, см. *Аномалии*
антараповерхностные 1/841–843; 2/127–129; 5/442
аппаратура, см. *Реакторы химические*, отдельные устройства
«базовые» 2/886
без затравливания свободной валентности 3/545
без участия кислорода, см. *Анаэробные процессы*
бимолекулярные, см. *Бимолекулярные реакции*
блочные, см. *Блочные процессы*
быстрые, см. *Быстрые реакции*
в анализе, см. *Химические методы анализа*
в газовой фазе, см. *Газофазные реакции*, *Парофазные методы*
в звуковых полях, см. *Инфразвуковые аппараты*, *Ультразвук в химии*
в плазме 3/1098–1103. См. также *Плазма*, *Плазмохимия*
в пламени 1/704, 705
в растворах, см. *Растворы*
в сильных внешних полях 2/126
в твердых телах, см. *Твердофазные процессы*, *Твердые тела*, *Топохимические реакции*
в хроматографии 4/424, 425
взрывные 1/702, 715, 767; 2/466; 3/348, 648; 5/12. См. также *Взрыв*, *Взрывные процессы*
внедрения, см. *Внедрения реакции*
внутримолекулярные, см. *Внутримолекулярные реакции*
вырожденные, см. *Вырожденные реакции*
высокотемпературные, см. *Высокотемпературные процессы*
выход, см. *Выход реакций*
гальформная 1/970, 941, 971; 2/647; 5/995
гаптотропные 4/665
гетерогенные, см. *Гетерогенные реакции*
гетеролитические, см. *Гетеролитические реакции*
гетерофункциональные 2/1017, 1022
глубина протекания 4/717
гомогенные, см. *Гомогенные реакции*
гомолитические, см. *Гомолитические реакции*
горячих атомов 1/1178, 1179
графы 1/1198–1200
двухквантовые 2/4, 5, 728; 3/189
деструктивные, см. *Деструктивные процессы*
диастереодифференцирующие 4/855
диотропные 4/665
дисмутация, см. *Диспропорционирование*, *Метатезис*
дисротаторные 1/842, 843; 4/417, 420; 5/442, 443, 927, 928
диссоциативные, см. *Диссоциативные процессы*, *Диссоциация*
енные 2/246, 247; 5/732
заместительные, см. *Замещения реакции*
и горение, см. *Горение*
и давление 1/1216–1218, 1220
и дисперсные системы 2/154
и диффузия, см. *Диффузионные реакции*
и ионизирующие излучения, см. *Радиационно-химические реакции*
и коррозия, см. *Коррозия металлов*

и люминесценция, см. *Хемиллюминесценция*
и жесткость молекул 3/395
и объем системы 2/1216–1218
и пены 3/648
и туннельный эффект 5/28
и ядерные, см. *Ядерные реакции*
изобара и изохора, уравнения 2/902
изотермические 2/1269
изотопные, см. *Изотопный обмен*, *Изотопы*
иммунные, см. *Иммунохимия*
ингибирование, см. *Ингибиторы*
индикаторные 2/756, 757; 5/147–151. См. также *Индикаторы*
индофениновая 4/1120
иницирование, см. *Инициаторы*, *Иницирование*
ионные, см. *Ионно-молекулярные реакции*, *Ионные реакции*
каналы накопления и выхода 4/405, 406
капельные 2/606, 607
карбены 4/415, 416. См. также *Карбены*
каталитические, см. *Катализ*, *Катализаторы*, *Катализические реакции*
квазистационарные 2/689, 690, 693, 715
кинетика, см. *Кинетика реакций*, *Макрокинетика*
кислотные, см. *Кислотные процессы*
колебательные, см. *Колебательные реакции*
количественная теория, см. *Корреляционные соотношения*
комплементарные 1/1159; 4/19, 20
конденсации, см. *Конденсация (реакции)*
конкурирующие, метод 2/897, 754, 898, 1295
контрататорные 1/841–843; 3/324; 4/417, 420; 5/442, 927, 928
контролируемые, см. *Контролируемые реакции*
конформационный контроль 2/740
«концертные» 3/143, 964; 4/743, 744
координаты, см. *Координаты реакций*
координационные 4/1026, 1027
кросс-соединение 2/889
ксантогеновая 5/779
лазерные 2/1116, 1122–1127
магнитно-спиновые эффекты 2/1238, 1239
макромолекулярные, см. *Полимер-аналогичные превращения*, *Полимер-полимерные комплексы*
максимальная работа 2/1268, 1269, 1270; 1/762; 4/1071, 1072; 5/505
маршруты 4/722, 723
межфазные, см. *Межфазные процессы*
метатектические 2/60
механизмы, см. *Механизмы реакций*
механическая активация, см. *Деформации*, *Механохимия*
модифицирующие, см. *Модифицирование*, *Модифицирование полимеров*
молекулярность 3/221, 222; 4/415
мономолекулярные, см. *Мономолекулярные реакции*
моно- и синтетические 2/61; 5/501
на поверхности планет 2/963
направления, см. *Направленные процессы*
неадиабатические 3/258
«незатрудненные» 1/1056
нейтрализации, см. *Нейтрализация*
некомплементарные 1/1159

необратимые, см. *Обратимые и необратимые процессы*
неравновесные, см. *Неравновесные процессы*
несогласованные 1/843
нестационарные 2/715
низкотемпературные, см. *Криохимия*, *Низкотемпературные процессы*
нуклеофильные, см. *Нуклеофильные реакции*
обменные, см. *Обменные реакции*
обороты, число 1/126, 1050
обратимые, см. *Обратимые и необратимые процессы*
однотипные, см. *Реакционная способность*
окислительные, см. *Окисление*, *Окислительно-восстановительные реакции*, *Окислительные процессы*
осаждение 4/1188, 1189
отщепления, см. *Элиминирования реакции*
параллельные 2/753, 755, 877, 897, 898, 1034; 3/517; 4/149, 721
перекрестные, см. *Перекрестные реакции*
переноса, см. *Перенос*
период индукции 3/954; 2/432, 754
перитекстические 2/59, 60; 5/101
перитектонидные 2/60; 4/1004; 5/101
периклические, см. *Периклические реакции*
под действием света, см. *Фотохимические реакции*
– ферментов, см. *Ферментативные реакции*
– электрического тока, см. *Электрохимические процессы*
полирование 4/33
политропные 4/665
порядок 4/149, 150; 2/754, 759; 3/222
последовательно-параллельные 4/721
последовательные 2/753; 3/517; 4/721
при пищеварении 1/558
при «ударно-волновом» сжатии 5/52, 53
присоединительные, см. *Присоединения реакции*
прогет, число 5/505
прогорание 2/305; 3/1088; 4/381
промежуточные продукты, см. *Интермедиаты*, *Переходное состояние*
простые 1/546–548; 2/753, 756, 759; 3/257–260; 4/149, 150
протолитические, см. *Протолитические реакции*
протофильные 4/1157
прямые 3/238–240
пуририновая 5/579
пути 2/917, 918; 3/1176–1178; 4/417, 420, 512
равновесие 1/546–548. См. также *Равновесие*
– константы, см. *Константы равновесия*
радиационные, см. *Радиационно-химические реакции*
радикальные, см. *Радикальные реакции*
расщепление, см. *Распад*, *Расщепление*
ретропревращения, см. *Ретропревращения*
рикошетные 3/142, 238–240
с сорбентами, см. *Хемосорбция*
с участием кислорода, см. *Азотные процессы*

самоускоряющиеся, см. *Автокаталитические реакции*
селективность 1/389–391, 604; 2/127–131, 347, 504, 546, 787, 941, 1093, 1238, 1270, 1271; 3/324, 665, 732, 790, 794, 1250; 4/501, 854–856, 1217; 5/538. См. также *Регioseлективность* и *Регioseлективность*, *Селективные процессы*
сечения, см. *Сечения реакций*
симметрия, см. *Вудворда-Хофмана правила*
синглет-триплетные 1/1158; 2/501
синхронные 4/743
скорость, см. *Константы скорости*, *Скорость реакций*
сложные, см. *Сложные реакции*
согласованные, см. *Согласованные реакции*
сопряженные, см. *Сопряженные реакции*
сродство, см. *Химическое сродство*
срывные 3/142, 238–240
стадии 4/722, 723
стандартные 4/417
стационарные 2/689–691, 715
степень завершенности 3/1257; 5/505
стереоселективные, см. *Стереоселективный синтез*
стереоспецифические, см. *Стереоспецифические реакции*
стерические требования, см. *Динамическая стереохимия*, *Стереохимия*
структурно-(не)чувствительные 1/1056
супраповерхностные 1/841–843; 2/127–129; 5/442
супсензионные, см. *Супсензионные реакции*
«талейкинная» 5/522
теминовые 4/817; 5/332, 336, 341, 347–349, 362, 363
теплоты, см. *Тепловые эффекты реакций*
термически разрешенные 1/843
типа «вперед-назад» 3/239, 240
«токообразующие», см. *Химические источники тока*
топохимические 5/252, 516
травление, см. *Травление*
трансанулярные 4/1226, 1227, 1228
транспортные 5/496, 164, 497, 755, 762; 1/938; 2/223, 255; 3/255, 420, 777, 1070; 4/619, 669, 685, 893, 1024
тримолекулярные, см. *Тримолекулярные реакции*
туннельные, см. *Туннельные реакции*
тушение 2/1239
ферментативные, см. *Ферментативные реакции*, *Ферментативный катализ*
формовые 4/49, 55, 57
фосфоротропные 5/308
фотонные, см. *Многофотонные процессы*
фрагментации, см. *Фрагментации реакции*
хелетропные 5/442, 365, 443; 4/344
химические эквиваленты 5/802, 803
цветные, см. *Цветные реакции*
цепные, см. *Цепные реакции*
электронные 2/58–60; 5/101
электронные 2/60; 5/101
экзотермические, см. *Экзо- и эндотермические реакции*
эксперия 5/806
экструзия 5/938
электрофильные, см. *Электрофильные реакции*

электроциклические 5/927, 928; 1/841, 843; 3/324, 939, 964; 4/420, 993
элементарные, см. *Элементарные реакции*
эндотермические, см. *Экзо- и эндотермические реакции*
эпигенетические, см. *Эпигенетические реакции*
энергия Гиббса, см. *Гиббса энергия*
– избыточная, см. *Активация процессов*
– пороговая 4/871
– потенциальная, см. *Поверхностная потенциальная энергия*
энзиматические 1/551, 552
энтропия, см. *Энтальпия реакций*
энтропия 2/754; 3/395; 4/415; 5/352, 956
Реакции атерные, см. *Ядерные реакции*
Реакционная способность 4/417, 418–424; 1/124, 1185, 1186; 2/724; 3/601–604; 5/868
и граничные орбитали 3/783
и дефекты в кристаллах 5/515
и координаты реакции 2/917
и молекулярные графы 1/1198, 1200
и напряжение молекул 3/333, 334
и поверхность потенциальной энергии 3/1178
и поле лигандов 2/1170; 4/122
и поларография 4/128
и постулат Хэммонда 5/642
и принцип Кёртина-Гаммета 2/740
и сольватированный электрон 4/750, 751
и среда реакции 2/941, 942; 4/422–424
и топология 4/1216
и эффект(ы) индуктивный 2/460, 461, 940, 941
– – компенсационный 4/424
– – магнитно-спиновые 2/1239
– – мезомерный 2/940, 941
– – стерические 2/940, 941
катализаторов 2/770–774
корреляционные соотношения 2/939, 941, 942; 4/418–424
макродинамические 2/1268
оценка 4/120
при низких температурах 2/1033
свободных радикалов 2/1268; 4/300, 303, 304
сопряженных соединений 2/919; 3/407; 4/767
стереоизомеров 2/913, 914
Реакционная хроматография 4/424, 425; 1/883
Реакционная эмиссия вторичных ионов 2/512
Реакционное детектирование 4/424
Реакционные серии 4/417–424
Реальгар 1/1175; 3/304, 312–314
Реагирование 2/1190
Рибидера метод 3/1171
эффект 3/85, 214, 1169, 1173, 1174; 4/725, 952; 5/171, 172
Рибидера-Шуккина-Марголиса модель 4/137
Реддингит 3/472
Реверсия, см. *Мутации*
Ревертаза 4/1231
Реверткс 2/837
Ревли 3/1222, 1223, 1231, 1232
Регеколин 5/120
Регенерационные процессы 1/4, 11–13, 52, 61, 62, 1105; 2/168, 561, 668, 674, 678, 679, 682, 683, 687, 842, 844, 967; 3/860, 971, 972, 974; 4/360, 440, 537, 611, 727, 816, 977, 1051; 5/715, 718, 1047
Региоизомеры 4/425
Региональная геохимия 1/1021

- Региоселективность и региоспецифичность 4/425, 303, 304, 535, 553, 620, 1157; 1/758; 3/285, 733, 794; 5/34, 314, 738
- Регитин 5/146
- Регион 1/1032; 2/37, 38
- Реголит 2/961
- Регрессионный анализ 3/642, 1106–1109
- Регрессия скрытого изображения 5/330
- Регулирования законы 1/24
- Регулируемая газовая среда, см. *Защитный газ*
- Регулярные насадки 3/337–339
- Регуляторные белки 4/426, 189, 190, 249, 250, 427, 428, 431, 496, 516, 517, 1231; 1/470; 3/212, 587
- Регуляторы биосинтеза белков, см. *Трансляция* – и репликация ДНК 3/470
- водородного показателя 5/208
- горения 4/1185
- иммунитета 3/934
- молекулярной массы 3/1244, 1253; 4/307; 5/571
- набухания резин 4/174
- нервной деятельности, см. *Нейропептиды*
- обмена веществ 3/625, 626
- роста дрожжей 5/715
- растений 4/428, 247, 429, 661, 742, 861, 917, 927, 1100; 1/416, 451, 526, 1026, 1063, 1064, 1071; 2/53, 54, 280, 972, 1023, 1153, 1274; 3/378, 503, 683, 715, 994, 1044; 5/260, 433, 587, 768, 769, 983
- цепей 2/1013, 1014; 3/1198. См. также *Цепные реакции*
- смачивания, см. *Поверхностно-активные вещества*
- солнечной радиации в помещениях 3/1138
- структурообразования в дисперсных системах 3/1167; 4/886, 887
- ферментов 4/430, 426, 431; 1/43; 2/967; 3/212, 503, 504; 5/152, 163, 155
- флотации 5/208
- Редкие элементы 4/431, 559, 560, 593, 723, 806; 1/568, 1015; 2/789; 3/96, 97, 99, 411, 414, 632, 635, 823; 5/936
- инертные газы, см. *Благородные газы*
- платиновые металлы, см. *Благородные металлы*
- рассеяние, см. *Рассеянные элементы*
- РЗЭ, см. *Редкоземельные элементы*
- Редкоземельные элементы 4/431, 434, 1054, 1055; 1/1015; 5/23. См. также *Лантаноиды*, отдельные химические элементы
- амальгамы 1/223
- вольфраматы 1/823; 2/583
- галогениды 4/436, 435, 437; 1/949; 3/90, 91; 5/160, 391, 861
- гидриды 1/1081; 4/433
- гидроксиды 2/545; 4/435, 438; 5/160
- гранаты 1/1035; 2/222
- интерметаллиды 1/384; 2/485, 486, 1243
- ионные ассоциации 2/84
- как «земли», см. *Земли*
- карбиды 2/624, 625
- карбонаты 4/436, 437
- комплексные соединения 5/966, 967
- металлаты 1/206, 936, 1035; 2/222, 1225, 1226; 4/943, 944, 1183
- нитраты 5/276
- оксиды 4/438, 434, 436, 437, 585–587; 1/468
- определение 4/397, 435, 436, 1221; 1/380, 381, 617, 1182; 2/291, 896, 1219; 3/124, 690, 969; 4/435, 436; 5/128, 866, 867
- особо чистые 3/834
- перхлораты 3/986, 990
- получение 1/1103, 1104; 2/354, 1295; 3/88, 90; 4/434, 435, 559, 562, 1257; 5/256, 833, 898
- применение 1/331, 1063; 2/220, 670, 921, 922, 1123, 1219, 1225–1227, 1230, 1243; 3/87; 4/109, 436
- разделение 1/468, 875; 2/84, 519, 1045, 1146; 4/435
- свойства 1/341, 875, 1018, 1156, 1157; 2/156, 157, 243, 244, 544–548, 674–676, 925, 1145, 1146, 1229, 1230, 1232; 3/75, 76, 97, 105, 409, 410, 949; 4/156, 157, 315, 432–434, 570, 571, 710–712, 723; 5/163, 164, 609, 679, 680
- селениды 4/618, 619
- силикаты 4/674–676
- силениды 3/88, 89; 4/684, 685
- соединения включения 1/1193
- органические 1/1193; 2/1017, 1083; 4/435, 1221. См. также *Металлоорганические соединения*, *Элементоорганические соединения*
- силы 2/1249, 1250; 3/88, 249, 482
- сульфаты 4/435
- фосфаты 2/1225, 1226; 4/435; 5/249
- халькогениды 4/618, 619, 1024
- хроматы 5/630–633
- Редлиха–Квонга–Соаве уравнение 5/70
- Редоксайд 2/274
- Редоксантин 2/972
- Редокс-мониты 3/662, 663
- Редоксметрия 4/155; 5/924
- Редоксполимеры 3/662, 663
- Редокс-электроды 5/841, 921
- Редуктазы 3/697; 4/894
- Редукторные масла 4/438, 439, 440; 2/463
- Резины 4/738
- Резервирование производства 3/322
- Резервная набивка 3/998
- Резервные гальванические элементы 1/973; 5/489
- Резерпин 4/439, 269, 694, 695; 1/552, 1119, 1120; 2/459; 3/398, 399
- Резерпиновая кислота 4/439
- Резерфорд(а) единица радиоактивности 4/317
- модель атома 3/955
- спектротомия рассеяния 2/507, 508, 1212
- Резерфордий 2/1107, 1214; 5/929
- Резиновые смолы 1/151
- Резина(ы) 4/439, 1, 440–444
- белые 2/1210
- гель- и золь-фракции 1/844, 1002
- губчатые 1/566, 1069; 2/112, 1192; 4/129, 130; 5/730
- как сетчатые эластомеры 1/844, 845; 3/838; 4/440
- кожелопоподобные 3/327
- крашение 5/62
- литьевые 4/440
- получение, см. *Вулканизация*, *Резиновые смеси*
- пенистая 4/129, 130
- пористая 4/129, 130, 133, 442; 1/80; 2/328, 838; 3/339, 902
- применение 1/563; 2/358, 1014, 1319; 3/632, 864; 4/442–444. См. также *Резиновые клеи*, *Резинотехнические изделия*
- свойства 1/402, 630, 631, 634, 636, 637, 719, 720, 846, 847, 873; 2/324, 377, 378, 631, 704–708, 806, 1003, 1013, 1014, 1241; 3/144, 145, 272, 273, 327; 4/82, 83, 174, 291, 442–444, 488, 998, 1054, 1087–1089; 5/960, 984. См. также *Каучуки*
- твердые, см. *Эбониты*
- цветные 2/183, 187, 708; 3/327
- ячеистая 4/129, 130
- Резинаты 2/602; 4/669, 742
- Резиновые клеи 4/443, 444, 445, 715, 753; 1/846; 2/802, 803; 5/139
- Резиновые смеси
- ингредиенты 1/334, 337, 646; 2/286, 586, 606, 1028; 3/519, 750; 4/239, 241, 242, 589, 978, 1115, 1200. См. также *Антиозонанты*, *Мгчители переработки* 1/1188; 3/144; 4/3, 4, 7–9, 14, 15, 443, 977
- получение 1/630, 633, 634, 636, 645, 646, 872; 2/357, 377, 1013, 1014; 3/326, 327, 1115; 4/440, 444; 5/397, 572, 730, 731, 960, 992. См. также *Вулканизация*, *Вулканизующие агенты*
- Резинолы 4/738
- Резинотехнические изделия
- крашение 2/1002, 440, 1003; 3/537, 1009
- получение 2/462; 3/864; 4/442–444, 450; 5/605. См. также *Резина*, *Резиновые смеси*
- Резистентность к пестицидам 3/994
- Резолы 4/445, 446
- Резольнометрические миры 5/317
- Резольные смолы 4/445, 165, 928; 1/156, 157; 2/803, 804; 3/568, 911, 912, 1232; 5/133, 134, 136, 137, 143, 341
- Резонанс
- гамма 3/64–68. См. также *Мёссбауэровская спектроскопия*
- двойной и тройной магнитные 2/1239; 4/304, 795; 5/892, 893, 1028
- и грохочение 1/1206
- и дефектоскопия 2/49
- и захват нейтронов 5/1021
- и ионно-молекулярные реакции 2/509
- и комбинационное рассеяние 2/865, 866
- и люминесценция 2/729, 1221
- и многофотонные процессы 3/189–191
- и молекулярные интегралы 3/223
- и эффект Мёссбауэра 2/189, 191; 3/64, 65, 229, 230
- источники излучений 2/502, 503; 3/401–403
- как межмолекулярное взаимодействие 3/19
- линии в атомных спектрах 1/408, 409
- структур 2/178, 401, 409, 629, 630, 642; 3/548, 550; 4/1140; 5/258, 259, 413, 782, 1009
- теория 4/446, 447, 767, 1132; 1/666; 3/29, 787
- циклотронный, см. *Циклотронный резонанс*
- электронный парамагнитный (ЭПР), см. *Электронный парамагнитный резонанс*
- спиновый 5/886–893
- электронный 5/892, 893
- ядерный 5/892
- энергия 1/377; 3/19; 4/447. См. также *Мезомерия*, *Мезомерный эффект*
- эффект 3/30
- ядерный квадрупольный (ЯКР), см. *Ядерный квадрупольный резонанс*
- ядерный магнитный (ЯМР), см. *Ядерный магнитный резонанс*
- Резонансы 5/930, 932
- Резонаторы оптические, см. *Лазеры*
- Резорциловые кислоты 3/692, 693; 4/448
- β-Резорциловый альдегид 5/66
- Резорцин 4/448, 234, 449, 450, 507; 1/267, 338, 507, 516, 518, 545, 615, 654, 671; 2/234, 236, 366, 806, 864, 999, 1082, 1182; 3/371, 582, 676, 694; 5/115, 124, 135, 139–143, 146, 375, 378, 746
- Резорцино-альдегидные смолы 4/448, 449, 450, 613; 3/327, 568; 5/135
- Резорциновый желтый 4/448; 5/16
- Резохин 4/238
- Рейнке соль 1/133, 284; 3/711
- Рейнольдса
- аналогия 2/1303; 5/30, 31
- числа 1/447, 1105; 2/1257, 1301; 3/820, 821, 1141, 1183; 4/350, 1046, 1047, 1049, 1050; 5/170
- Рейнольдса–Шелудко уравнение 4/1207
- Рейсера соединения 5/526
- Рейхарта–Мейсля число 3/378, 380
- Рекاربонизация воды 1/769, 771
- Рекombинация 4/450; 3/1094
- внутриклеточная 4/867. См. также *Клетки эффект*
- геминальная 4/297; 5/336, 337
- генетическая 4/450, 451, 452, 493, 510, 1243; 1/1009; 2/478; 3/211, 212, 594
- гетеролитическая 1/1060
- лиссоситативная 3/428, 1102
- диффузионно-контролируемая 2/192, 193
- и люминесценция 2/702, 703, 1062, 1220, 1221; 5/446
- и химическая поляризация ядер (электронов) 5/458, 459
- ионов в газах 2/509, 530, 531
- механизм 3/143
- молекулярность 3/222; 4/1265
- молекулярными пучками 3/240
- носителей заряда в полупроводниках 4/104
- парная 4/297
- радиационная 2/530
- радикальная 1/1070, 1158; 2/5, 39, 40, 113, 158, 465, 525, 810, 811, 898, 1220, 1221, 1238, 1239, 1251, 1252; 3/143, 1062; 4/32, 303, 306, 308, 310, 413, 450, 867; 5/953
- туннельная 2/1035
- фотохимическая 5/329, 330, 336–339, 353, 354, 356, 839
- Рекристаллизация 1/1190–1192; 2/51, 53, 153, 1046, 1047, 1053; 3/324, 1172
- «Ректизол»-газоочистка 1/902, 931
- Ректификация 4/452, 453–461, 633, 986; 2/165, 592–594, 668, 1039; 3/119, 420, 423, 835; 5/170, 473, 474, 715, 734, 976, 978, 996
- азеотропная 1/65, 66, 69, 837, 897, 904; 5/660
- аппаратура 1/1105; 2/167, 168; 3/1141, 1143, 1144
- вакуумная 3/339
- воздуха 1/794–798
- и концентрирование 2/916
- и металлургия 3/93, 1069
- и очистка стоков 3/860
- и разделение изотопов 2/390
- как эквимолярный массообмен 2/1298
- металлов 2/552, 553
- нефтяных фракций 3/458
- низкотемпературная 1/928, 933; 2/25; 5/4, 33
- экстрактивная 2/627; 3/449; 4/457, 458, 460, 1202; 5/829, 834
- Рекуперация 1/62; 3/42, 999; 4/1051
- отходов 3/863, 864
- растворителей 4/360
- теплоты 4/460

- Релаксационные методы 4/461, 462, 464; 2/754; 5/156. См. также *Кинетические методы*, *Релаксация диэлектрический* 2/208
импульсные, см. *Импульсные методы*
Монте-Карло 3/215; 4/832
- Релаксация 4/462, 461; 5/226, 230, 231, 888, 890
акустическая 4/463
в плазме 4/463. См. также *Плазма химия*
время 2/208, 691, 715, 1073, 1074, 1255, 1257, 1265; 3/645, 948; 4/794, 795, 832, 1063
зарядов в электретах 4/1062
и колебательные реакции 2/848
и микеллообразование 3/184
и период индукции 3/954
и поверхностная энергия 3/1161
и процессы переноса 3/948
и реология 3/144; 4/464, 484, 486, 487, 489
и самоорганизация 4/463, 574
и старение полимеров 4/821, 822
и термодинамическое равновесие 4/1073
и фазовые переходы 3/839, 840. См. также *Вязкотекучее состояние*, *Стеклообразное состояние*
и химическая кинетика 2/691, 715, 754; 3/426-429, 645
магнитная 4/463; 5/1024, 1025, 1029
методы, см. *Релаксационные методы*
спин-решеточная 3/31; 5/1024
спин-спиновая 5/1024, 1025
структурная жидкостей 1/287
функция 4/484
- Релангум 4/1224
Релказол 1/438
Релон 3/1201
- Релятивистская квантовая механика 2/721; 3/401; 4/686, 787
- Ремазолы 1/129
Ремалан-яркие красители 1/129
Ремантидин 4/464, 77, 218; 1/35
Ремонтпригодность оборудования 3/320, 323
- Ренания-фосфат 2/498
Ренатурация белков 1/1218; 2/857
Ренаты 4/465, 467, 469, 470
Ренациты 3/1115
- Рениа
медь 1/114
никель 1/117, 175, 269, 494, 528, 667, 990, 1083, 1129, 1210; 2/68, 90, 360, 1297; 3/117, 473, 515, 532, 540, 546, 553, 693, 817, 1054, 1079; 4/205, 274, 576, 866, 1097, 1098, 1117, 1122, 1157, 1199, 1200; 5/116, 130, 133, 165, 429, 434, 523, 722, 973
- Рениевая кислота 3/576; 4/465, 466, 469
- Рениево-осмиевый метод 4/467
- Рениерт 1/1036
- Рений 4/464, 349, 350; 3/165, 242, 244, 949; 5/937, 938
бориды 4/465
галогениды 1/820, 949, 970; 3/79; 4/465-468; 5/389, 391
интерметаллиды 1/384; 2/481
пиритид 4/465
оксиды 4/469, 465-467, 470, 685; 2/833; 3/103, 244, 489; 5/16, 659
определение 1/739; 3/703; 4/397, 466, 467, 1142, 1165, 1202; 5/431, 637
органические соединения 4/467, 468; 1/169, 364, 365; 2/362, 641, 651; 3/79, 84, 103, 104
получение 1/869, 1022; 3/4; 4/142, 466, 470; 5/833
- применение 2/671, 676, 685; 4/467, 835; 5/730, 926, 978
свойства 2/387, 665; 3/958; 4/349, 431, 464-466, 813; 5/929
силпиды 4/107, 465, 684
сплавы 1/618, 819, 821; 2/537; 3/249, 1129; 4/467, 584; 5/80, 966
фосфиды 4/466
халькогениды 4/465-467, 1023
чернь 3/253
- Ренни 4/468, 216, 469; 2/559, 696
Ренкина шкала 4/1076, 1077
Реннера-Теллера эффект 5/1057
Ренинг 5/517, 518
Ренингеновская плотность 3/1145
Ренингеновские методы анализа
внешнего и внутреннего стандартов 4/476
дифракционный, см. *Рентгенография*
и излучение, см. *Рентгеновское излучение*
локальный 3/161
радиометрический 4/479, 480, 481; 2/293; 3/431
спектроскопия 4/470, 467, 471-473, 479, 480, 706, 775, 779, 982; 2/191, 529, 712, 727, 1212; 3/475; 5/360, 554, 873, 878
– в микроанализе, см. *Электронно-ионные методы*
– на краю поглощения 2/191
– электронная 4/481, 470, 482, 483; 3/209, 229-231, 431
структурный 4/473, 474, 475, 810, 829, 882, 883, 1005; 1/559; 2/190, 920, 1063, 1065; 3/208, 209, 254, 255, 593, 797; 5/874
тонография 4/477
фазовый 4/475, 476; 2/190, 712; 5/104
флуоресцентный 2/712, 916; 3/431, 797, 1134; 4/436, 470, 472, 479, 480, 779; 5/128, 610, 762
- Рентгеновские трубки 2/430, 503; 4/471, 473, 481
- Рентгеновское излучение 2/188-190, 216, 217, 499, 503, 1065, 1219, 1220, 1227, 1228; 3/297, 301, 429, 488, 636; 4/326, 706; 5/872. См. также *Радиоактивность*, *Рентгеновские методы анализа*
- Рентгенография 4/476, 475, 477, 1006; 2/188, 190, 1065; 3/404, 797; 5/327, 328, 334
- Рентгеноконтрастные средства 4/477, 478, 479; 3/710
- Рентгенолюминофоры 1/875; 2/1227
- Рентгеноотрицательные средства 4/477
- Рентгенопозитивные средства 4/477
- Рентгеноположительные средства 4/477
- Рентгенорезисты 5/341
- Реоплюман 2/1078
- Реология 4/483, 251, 484-492; 3/145. См. также *Механические свойства материалов*, *Механохимия*
дисперсных систем 2/152, 153. См. также *Физико-химическая механика*
и отверждение 3/840
и релаксация 3/144; 4/464, 484, 486, 487, 489
жидкостей 4/483-492
пластичных смазок 3/1123
полимеров 1/707; 3/1114; 4/484-490; 5/226, 227
порошков 4/136-138
структурная 4/489-492
уравнения состояния 4/484-487, 490. См. также *Гук закон*, *Ньютона-Стокса закон*
- Реопексия 2/111, 112
- Реополитион 2/1078
- Репарация 4/492, 493; 2/1170; 3/212, 293, 296, 470, 1241, 1242
- Репелленты 4/494, 247, 495; 1/341, 657, 990; 2/122, 284, 473, 601, 1298; 3/999; 5/130, 377, 587
- Реперные точки 4/1076, 1077; 5/16
- Репликация 4/495, 276, 492, 493, 496-499, 510; 1/559, 1009; 2/877; 3/175, 179, 210, 211, 293, 296, 300, 587, 588, 622, 927, 1097, 1241, 1242; 5/342
- Репликация 3/211; 4/495, 496, 498
- Реплисома 4/495
- Реплекс 3/746
- «Репортерные» группы (метки) 2/1184
- Репре реакции 2/499, 11, 176, 195, 207, 500, 501, 804; 1/198, 430, 644, 649; 4/1097; 5/713, 977, 999
- Репрография 4/501, 502-509; 5/315, 322, 325, 327
- Рериген 2/474
- Ресметрин 3/1041
- Респираторы 3/867; 4/319
- Респонстехника 4/1245
- Рестенья 3/61
- Рестриктазы 4/509, 510; 1/551; 2/20; 5/952
- Рестрикция и модификация ДНК 4/510, 276, 509
- Ресульфирование 4/917
- Ретаболил 4/511; 1/290, 291
- Ретарданты 4/428, 429; 5/108, 109, 278
- Ретерса правило 4/1006
- Ретерсит 3/485
- Ретен 4/740, 741
- Ретикулины 3/274
- Ретикулопептиды полимеры, см. *Сетчатые полимеры*
- Ретинакс 5/371
- Ретинали 1/740, 741, 751; 2/972; 3/48, 536-538; 5/349
- Ретинальдегид 1/740, 741
- Ретинен 1/740, 741
- Ретиноевая кислота 1/740, 741, 752
- Ретинониды 3/48
- Ретинол(ы) 1/484, 740, 741; 3/48
- Реторты 3/90, 1060; 4/714; 5/749
- Ретровирусы 3/1242
- Ретроградация, см. *Крахмал*
- Ретроградная растворимость 4/357
- Ретроаппозиция двойных связей 4/511
- Ретрореакции
альдольное разложение 2/1211; 3/699
диеновый синтез 2/101, 247; 5/365
свойства 2/247
перегруппировка Амадора 1/222
– «карбузовская» 3/316
– нонилиденовая 4/511
– пинаколиновая, см. *Пинаколиновая и ретропинаколиновая перегруппировки*
– протопонная 2/1103
– рацемизация 4/392
циклоприсоединение 5/738
- Ретроспективный анализ 4/511, 512; 1/1199; 2/886; 3/791-793
- Ретростроения соединения 4/511, 513. См. также *Ретрореакции*
- Ретур сухого продукта, см. *Сушка*
- Реуниция 2/526
- Реформатского реакция 4/512, 513; 1/956; 2/416, 647, 1139; 3/700
- Рефрактометрия 4/513, 514, 515; 1/916; 2/44, 45, 207, 292; 5/33. См. также *Рефракция молярная*
- Рефракция молярная 4/515, 513, 516; 2/207
и поляризуемость 4/125, 126, 515
и эффект Коттона 5/545
измерение, см. *Рефрактометрия*
- коэффициент, см. *Коэффициент рефракции*
- мезомерных систем 3/29
экзальтация 3/29
- Рефрижераторные установки 5/599, 601, 602
- Рецепторные белки 4/516, 428, 517; 1/470, 472
иммунные, см. *Иммуноглобулины*
- Резиклизация 2/963, 964; 3/1048-1050; 4/1248
- Решеточные теории жидкостей 2/301; 4/368, 829, 831
- Резкстракция 4/975; 5/824
- Ржавчина 1/19, 1208; 2/271, 1180; 3/700
- РЗЗ, см. *Редкоземельные элементы*
- Рианодин 2/468
- Рибит-5-фосфат 3/615, 616
- Рибоза 1/42, 484; 3/173, 174, 200, 263, 269, 470, 525, 585, 586, 595, 597, 598; 5/37, 957
- D-Рибозил-5-фосфат 3/813
- Рибозимы 5/153, 158
- D-Рибозо-5-фосфат 3/615, 616, 918-920; 4/1119; 5/769
- Рибосин 1/290, 291; 3/599
- D-Рибонат 3/615, 616
- Рибонуклеазы 4/517, 518, 519, 1001; 1/471, 482, 1098; 3/584, 589, 593; 5/158, 1034, 1037
- Рибонуклеиновые кислоты 3/585-588; 5/153. См. также *Нуклеиновые кислоты*, *РНК*
адапторные, см. *Транспортные рибонуклеиновые кислоты*
информационные, см. *Матричные рибонуклеиновые кислоты*
рибосом, см. *Рибосомные рибонуклеиновые кислоты*
трансферные 4/1237-1241
- Рибонуклеозид-дифосфат-редуктазы 4/519; 2/970
- Рибонуклеозиддифосфаты 4/519
- Рибонуклеозидтрифосфат-редуктазы 4/519
- Рибонуклеозидтрифосфаты 4/519, 527
- Рибонуклеозидфосфаты 4/519, 527
- Рибонуклеозиды 3/597-599
- Рибонуклеопротеиды 3/599; 4/520, 521
- Рибонуклеотидредуктазы 2/970; 4/519
- Рибонуклеотиды 1/1153; 2/970; 3/600, 601, 1090; 4/1229, 1242. См. также *Аденозинформонные кислоты*
Рибосомные рибонуклеиновые кислоты 4/522, 519-521, 523; 3/173, 175. См. также *Рибосомы*
- Рибосомы 4/519, 520-523, 1195, 1231-1236; 1/472, 482, 559, 661, 1009; 2/1322-1324; 3/173, 175, 211, 588, 595, 596, 599, 600, 622, 934; 5/412, 818
- Риботимидин 4/1238, 1239
- Рибофлавин 4/523, 270, 524, 525; 1/222, 455, 525, 750-752, 1153; 2/242, 606, 967, 968, 975; 3/254, 697. См. также *Витамин В2*
- Рибофлавин-5'-фосфат 4/523
- Рибофуранозиды 4/1249
- 9-β-D-Рибофуранозилуридин 3/594; 4/274
- D-Рибулоза 3/264
- D-Рибулозо-1,5-дифосфат 2/633; 3/270, 614-616; 5/347
- Рибулозо-дифосфат-карбоксилаза 3/270
- Рибулозо-5-фосфаты 3/614-616, 918-920; 5/347
- Риванол 1/338; 2/1218; 3/562, 834; 5/119
- Ридберга постоянная 2/721
- Ридила – Ил механизм катализа 1/1053, 1054
- Риджерит 3/1192

5-Ризобизилурациял 3/174
 Ризобии 1/451
 Ризоторфин 1/451
 Рикошетные реакции 3/142, 238–240
 Рилзинг-факторы 1/1163; 3/400
 Рильсан 3/1139
 Римантанин 4/464
 Рингера–Докка раствор 2/1078
 Ринмаиа зелень 5/748
 Риодоксол 4/218
 Ритизин 1/292
 Ритодрин 2/1322; 4/1194
 Риттера реакция 4/525, 526; 3/514
 Риттера–Графа реакция 4/525, 526
 Ритца метод 1/682
 Ритчи уравнение 2/941; 3/603
 Рифальдегид 1/303
 Рифамицины 1/302, 303, 320
 Рифампилин 1/303, 321; 4/241
 Риформат 4/526; 2/46
 Риформинг 4/526
 каталитический, см. *Каталитический риформинг*
 термический 4/526
 Рихе реакция 5/224
 Рихтера реакция 2/752; 3/553
 Ричин 4/526, 527, 1194, 1195; 2/1162; 3/710; 5/1049, 1056
 Ричиновая кислота 4/527
 Ричинин 3/1047, 1048
 Ричинолевая кислота 4/527, 377, 378, 607, 919; 1/139, 863–865, 1023; 2/660; 3/303, 683, 1089
 Ричиноленовая кислота 4/527
 Ричинэландиновая кислота 4/527
 Ричардса–Чечотта уравнение 4/182
 Ришелит 5/144
 Ришитин 5/196
 РНК 3/585–587, 594; 5/38. См. также *Нуклеиновые кислоты*
 адапторные 4/1237–1241
 антигеиы 1/324
 антисмысловые 3/588
 биосинтез 1/1012; 4/428, 527, 528.
 См. также *Слайсинг*, *Транскрипция*
 – мутации 3/293, 300
 – стимуляция 3/578
 – терминаторы 3/589, 595
 – угнетение 1/1125
 вирусные 2/486; 3/211, 588, 594, 719; 4/218, 1231
 геномов 1/1014
 гены 1/1009, 1010
 двухспиральные 2/487
 и ДНК, гибриды 3/587, 588
 и канцерогены 2/604
 и нуклеопротеиды 3/599
 и РНКазы, см. *Рибонуклеазы*
 информационные (иРНК) 2/1322–1325
 как метаболиты 3/619, 620, 622, 624, 626
 клеточные 2/1323
 комплементарность 2/877
 малые ядерные 3/588
 матричные (мРНК), см. *Матричные рибонуклеиновые кислоты*
 микотоксины 3/154
 одноатомные 2/1323; 3/587, 588
 праймеры 4/497, 498
 процессинг 4/810
 рекомбинантные 3/594
 репликация 2/877; 4/495–499
 рибосомные (рРНК), см. *Рибосомные рибонуклеиновые кислоты*
 транспортные (тРНК), см. *Транспортные рибонуклеиновые кислоты*
 хроматина 5/619
 чужеродные 4/518
 «шпильки» 3/587, 588
 щелочной гидролиз 1/41; 3/599
 РНКазы, см. *Рибонуклеазы*

РНК-зависимые ДНК-полимеразы 3/1242
 РНК-зависимые РНК-полимеразы 4/498, 528
 РНК-лигаза 3/593
 РНК-полимеразы 4/527, 426, 427, 528, 1229–1231, 1240, 1242; 1/1211; 3/588; 5/818
 ДНК-зависимые 4/241, 426; 5/1049
 РНК-зависимые 4/498, 528
 β- и β'-субъединицы 1/472
 РНК-репликаза 4/498
 РНК-синтаза 4/498
 Робинсона
 анилирование 1/312; 2/886
 синтез 4/528, 529
 Робинсона–Манниха реакция 4/528, 529; 1/312; 3/792
 Робинсона–Шенфа реакция 4/529, 530
 Рован 1/716
 Ровиль 3/1236
 Ровиналь F 3/1231, 1232
 Роговики 2/1027
 Роговое серебро 4/635
 Роговые обманки 4/677
 Ротор 2/471
 Родамины 4/530, 247, 397, 944, 945, 975, 1021; 1/936; 2/89, 302, 336, 1082, 1083, 1128, 1216, 1228; 3/834; 5/213, 363, 378, 444
 Родан 2/306, 375; 4/1164, 1165, 1167
 Роданиды 1/328, 814; 3/113, 969; 4/653, 1164–1169. См. также *Тиоцианаты*
 Роданины 4/530, 531, 640, 1127
 Роданистоводородная кислота 2/246; 4/550, 1164, 1165
 Роданстый водород 2/246; 4/1164, 1165
 Родановое число 3/397, 1186; 4/378; 5/25
 Роданометрия 4/1165
 Родануровая кислота 4/1164
 Родентициды 1/956; 2/341–343, 439; 5/410, 411, 748
 Родиа 1/425–427
 Родизоновая кислота 1/1141, 1142; 3/723, 724
 Родий 4/531, 431; 1/570; 3/1193; 5/725, 937
 галогениды 1/1083; 2/137, 1038; 3/78; 4/532, 534
 гидроксид 4/532
 интерметаллиды 1/331; 2/485
 кластеры 2/794, 795
 нитрат 4/532
 оксид 4/532; 5/98
 определение 1/117, 261; 2/183; 3/1133, 1134; 4/184, 530, 531; 5/8
 органические соединения 4/534, 204, 500, 533, 535; 1/364, 365, 1057, 1112; 2/97, 98, 537, 651, 677, 794, 795, 1171; 3/78, 79, 735
 пероксиды 3/975
 получение 2/535; 3/1133; 4/533, 534
 применение 1/651, 1082; 2/640, 664, 666, 675, 677; 4/534; 5/363, 365, 735, 739, 980
 свойства 1/974, 976, 1015; 2/136, 137, 282, 383, 670–672, 920, 924, 929; 3/347, 672, 956–958, 1093, 1132–1134; 4/321, 532, 533, 696, 803, 813, 1269; 5/56, 57, 740, 1047
 сплавы 2/537; 3/46, 873, 1130; 4/532, 534, 565
 сульфат 1/974
 сульфиды 4/532
 цианид 5/703
 Родинокс 5/774
 Родинокс 5/1001
 Родионова реакция 4/536; 1/253
 Родионова–Кравченко модификация 4/536
 Родонит 4/676, 681

Родопас 3/1223
 Родопсин 4/536, 516, 537, 538; 1/470, 472, 741, 751; 2/972; 5/270, 358
 Родоспонии III 5/1054
 Родохрозит 2/639, 1285, 1289
 Родошения соли 3/91; 4/534
 Розамины 2/1262
 Розанилины 5/412
 Розатои 2/238
 Розенмунда реакция 4/538, 539, 1200; 1/199, 943, 1089; 2/645
 Розенмунда–Брауна реакция 5/704
 Розсимунда–Зайцева реакция 4/538, 539
 Розенмунд–Цетше яд 5/527
 Розеноксид 4/539; 2/238
 Розеосоль 2/821
 Розовое масло 1/1024; 2/237; 3/577; 4/539; 5/112, 130, 774, 1003–1006
 Розовые красители
 антрахиноновый Ж 2/150
 бенгальский 5/363
 γ-хиакридиновый 1/113
 эозин 1/362; 2/1082, 1083
 Розолин 3/191
 Роика 4/49, 50
 Ройлар 5/87
 Роквелла метод 4/998
 Рокезит 2/443
 Роккал 1/338, 339
 Роликовые устройства
 мельницы 2/355, 356
 печи 3/999
 Ролитетрациклин 4/1110
 Ролтруция 4/15
 Романтены 2/1095
 Ронгалит 1/115, 636; 2/465, 1095, 1096, 1156; 3/284
 Роинкол 1/1118
 Ронит 1/1030
 Роипакоп 4/478
 Роистар 1/1031
 Роридин А 3/154
 Роса
 и коалесценция 2/818
 точка 4/539, 540, 954, 1032, 1033; 1/756, 896, 897, 905, 906; 2/322, 890
 Роскозлит 1/672
 Росный ладан 1/511
 Россит 1/671
 Рост цепи, см. *Поликонденсация*, *Полимеризация*, *Цепные реакции*, *отдельные полиреакции*
 Ростерит 1/535
 Ростовые вторичные вещества 4/428
 Ротаксаны 4/540, 858, 1215; 3/787; 5/719
 Ротаметры 4/383–386
 Ротационные устройства
 вискозиметры 1/729; 3/1123
 тиксометры 3/1123
 турбулентно-пленочные испарители 2/1149
 формующие машины 4/11
 Ротеноиды 4/540, 541
 Ротеноя 4/540, 541; 2/242, 343, 468
 Роторные устройства
 грануляторы 1/1188
 дистилляционные 2/161, 162
 дробилки 2/352, 353
 компрессоры 2/883–886; 3/344
 конвейерные линии 4/541, 542, 970
 кристаллизаторы 2/1051
 мельницы 2/354–357; 4/139
 насосы 3/342–344
 пленочные 4/542; 2/161, 162, 1306, 1307; 3/1141, 1143, 1144
 ректификаторы 3/1144
 сепараторы 3/633
 таблеточные машины 4/970, 971
 фильтры 5/189, 193, 194
 центрифуги 5/673, 675, 676
 экстракторы 5/823, 831, 832

РР-кислота 1/257
 Роуланда окружность 5/879
 РРКМ-теория 3/258
 Р.Р.О., см. *Полифениленоксиды*
 Ртутная порометрия 2/613; 4/131
 Ртутные устройства
 гальванические элементы 1/972; 3/583; 4/546; 5/487, 488
 кулонометры 5/914
 лампы 5/63, 540
 манометры 4/1032
 термометры 2/573; 4/1078
 электроды 3/582, 583; 4/127, 128; 5/844, 845
 Ртуть 4/547, 560; 1/399, 791; 3/575, 871; 5/936, 937
 азид 4/549
 галогениды 4/542, 84, 188, 480, 543–546, 548–550, 553, 554, 672, 801, 914, 1026, 1075, 1099, 1122, 1191, 1263; 1/338, 429, 596, 950, 1084, 1099, 1205; 2/18, 120, 171, 178, 179, 336, 495, 709, 732, 927, 932, 1294; 3/76, 125, 306, 433, 674, 761, 1044–1046, 1079; 5/16, 562, 768.
 См. также *Каломель*, *Сулема*
 гидриды 4/548
 гидроксид 4/545, 546
 гремячая 1/1202, 706; 2/466, 467; 4/549, 603
 желтая 1/338
 жидкая 3/163
 интерметаллиды 1/331; 2/481, 484, 1201; 4/99, 556
 кластеры 2/797
 нитрат 1/263, 1151, 1202; 2/96; 3/64, 163, 507; 4/543, 545, 549, 550, 745, 1102
 нитрит 3/517
 оксиды 4/545, 546, 548, 549, 586, 930, 1140, 1167, 1253; 1/338, 972, 1122; 2/140, 182, 186, 455, 460, 629, 732, 768, 1107; 3/89, 541, 583, 800, 990; 5/844
 оксиды 1/79, 336, 348, 670, 745, 889; 2/84, 177, 183, 573, 654, 743, 822, 1057; 3/124, 169, 690, 751; 4/396, 399, 530, 531, 550, 555, 628, 935, 936, 1126, 1147; 5/118, 149, 151, 636, 637, 719, 781
 органические соединения 4/551, 223, 247, 500, 543, 544, 549, 550, 552–555, 595, 686, 726, 868, 869, 894, 946, 976, 1099, 1140, 1158, 1253; 1/336, 337, 718, 1202; 2/17, 26, 128, 171, 174, 175, 180, 203, 315, 337, 651, 732, 871, 932, 1085, 1107, 1143, 1148, 1237; 3/81, 82, 84, 432, 542, 580, 874, 897, 1045, 1124; 5/276, 421, 439, 524, 735, 999
 перхлораты 3/64, 990
 получение 1/1020; 2/87, 164; 3/89, 412, 763, 1000, 1001, 1069; 4/543, 549, 550, 745, 820; 5/205, 651
 применение 1/661, 662; 2/613, 1281, 1282; 4/131, 223, 550, 1032, 1078, 1267; 5/553, 693, 843, 844, 901, 917, 920. См. также *Ртутные устройства*
 свойства 1/675, 944, 964, 1015; 2/113, 128, 282, 392, 767, 920, 1077, 1332; 3/75, 96, 97, 239, 240, 949, 955, 958, 1093, 1146; 4/152, 548, 549, 584, 586, 587, 813, 916, 976, 1003, 1039; 5/7, 9, 16, 84, 417, 739, 904
 силицид 4/685
 сплавы 3/82; 4/601, 640, 655, 809; 5/897. См. также *Амалгамы*
 сульфаты 2/1107, 1108; 3/109, 122, 582, 1045; 4/549, 820; 5/115, 917
 тетрафтороборат 5/400
 тиоцианаты 4/549

токсичность 3/849, 854, 857, 1194; 4/550, 551, 554, 555, 1156
 фосфаты 5/250
 халькогениды 4/546, 111, 112, 546–550, 555, 617, 619, 630, 911, 1022–1024; 1/1110; 2/709; 3/1069
 цианид 2/732; 3/450, 693, 700, 702
 фосфид 5/277
 хромат 5/630
 Рубеанаты 4/555
 Рубеановодородная кислота 4/555; 2/822; 3/475
 Руберонд 1/563, 564
 Рубидий 4/555, 431; 2/580; 5/936, 937
 азид 1/72; 4/557
 амид 1/231; 4/556
 галогениды 4/558, 556, 557, 559; 1/1114; 2/510, 1088, 1209; 3/57, 142, 356; 5/162, 862, 863
 гидрид 4/556–558
 гидроксид 1/460; 2/566, 1205; 4/555, 557, 558, 559
 гидросульфит 4/920
 интерметаллиды 4/556
 карбиды 4/555, 586
 карбонат 2/864; 4/557–559
 металлаты 2/1329, 1331; 3/57, 307, 424; 4/466, 557, 558, 1112
 нитрат 3/392; 4/557, 559
 нитрид 4/556
 озонид 3/658
 оксиды 4/555–558
 определение 1/1061; 2/710; 4/557, 786; 5/335
 органические соединения 2/986; 4/556, 557; 5/265
 пероксиды 3/972–974; 4/556, 557
 пероксидоборат 3/979
 перхлораты 3/986–988, 990; 4/557
 перхромат 4/557
 получение 3/413, 751, 1069, 1238; 4/556, 557; 5/366, 655, 695, 923, 926
 применение 4/557, 821; 5/920
 свойства 1/411, 768, 1015, 1194; 2/505, 560, 767, 1088, 1181; 3/165, 439, 606, 955, 957, 958, 1093; 4/152, 349, 556, 813; 5/332, 797, 798, 890
 силикаты 3, 1193; 4/680
 силицид 4/556
 сплавы 4/556; 5/656
 сульфат 4/557–559
 фосфаты 5/247, 250, 252
 фосфид 4/556
 халькогениды 4/556, 910
 хлорат 5/560
 хлорит 5/564
 хроматы 5/609
 цианид 3/393
 Рубин 2/153, 222, 223, 332, 1064, 1116, 1117, 1119, 1120; 4/951, 1075
 Рубицелл 5/788
 Рубомисин 1/356, 357; 4/235, 236
 Рубраксы 3/1116
 Рубрен 5/444
 Рубрэмезин 5/948
 Рудичный газ 3/101
 Рудольфомини 1/356, 357
 Рудоподготовка 3/630
 Рудоразборка 3/630
 Рудотель 4/1225
 Руды 4/559, 560, 561; 3/165. См. также *Полезные ископаемые*, отдельные элементы (получение)
 борные 1/586, 573, 574, 587. См. также *Неметаллические полезные ископаемые*
 металлургия, см. *Гидрометаллургия*, *Металлургия*, *Обжиг*, *Пирометаллургия*
 моно- и полиминеральные, см. *Горные породы*, *Минералы*

Ружички
 изопрееновое правило 2/378
 реакция 3/1059; 5/713
 Рулонные материалы 1/563, 564; 3/44, 338, 339, 864
 Румера диаграммы и правила 1/666, 667
 Руле перегруппировка 4/561, 562, 610
 Рутекарпия 5/520
 Рутений 4/562, 431; 5/937
 «бурая и красная соли» 4/564
 галогениды 2/137, 1038; 4/564–566
 гидроксид 4/564
 горячие частицы 4/318
 интерметаллиды 1/331; 4/562
 кластеры 2/793–795
 оксиды 1/457; 2/536, 647, 1144; 3/657; 4/563–565, 848; 5/332, 333
 определение 1/242; 2/142, 183; 3/1133, 1134; 4/184, 530, 531, 555, 1142, 1147; 5/118
 пероксиды 3/975
 получение 2/535; 3/413, 1133; 4/565; 5/926
 применение 4/565; 5/199, 553, 554, 735, 901, 926
 свойства 1/570, 1015, 1082; 2/670, 671, 675, 677; 3/96, 97, 871, 949, 956–958, 1132, 1133, 1144, 1193; 4/321, 563–565, 803, 813
 соединения диоксигенильные 2/136, 137
 – органические 4/565, 423, 563, 564, 566, 567, 1148, 1270; 1/364, 365; 2/362, 641, 651, 793, 794; 3/78, 79, 83, 84, 91, 98, 825, 826; 5/446
 – полиядерные 4/96
 сплавы 3/46, 825, 872, 1129; 4/565
 сульфиды 3/1132; 4/562, 564
 цианид 5/703
 Рутеноцен 3/91, 826; 4/564, 566
 Рутил 4/567, 560; 1/1021; 2/222, 223, 263, 832, 1234; 3/1011, 1012; 4/1172, 1174, 1178, 1179; 5/391, 616. См. также *Титан, диоксид*
 Рутин 1/322, 519, 556, 557, 1129; 2/731, 973; 5/203
 Рутинный анализ 2/610
 Рутное масло 3/118
 Рутса иасосы 3/344
 Руссиян 2/398, 399
 Руфигалловая кислота 1/940; 3/689, 690
 Руфигаллол 1/986; 5/762
 Руффа правило 4/762
 Рыбий жир 2/305–309
 Рыбий технический клей 2/802
 Рыжиковое масло 4/377–380
 Рычага правило 2/58, 256
 Рычажные весы 1/685, 687–691
 Рэлея
 рассеяние света 2/865, 1073; 4/125; 5/104
 уравнение 2/160, 893
 Рэлея–Шрёдингера уравнения 1/799
 Рэма–Веллера уравнение 5/339
 Рэндлса–Эршлера схема 5/919
 Рад(ы)
 Брауна 1/605, 606
 винилологический 1/718, 1163
 гомологический 1/1163; 3/573, 785, 1093, 1160; 5/622
 Гофмейстера 2/1181
 изолиогический 1/1163
 изоэлектронные 4/106
 литронные 2/1181
 напряжений, см. *Электрохимический ряд напряжений*
 полинормологический 1/1163
 радиоактивные 4/322, 323–325, 331, 335, 337; 3/606; 5/946
 Тейлора 3/137
 Фуры 1/759; 2/189, 847; 4/474, 477

C

СА, лакризатор 1/615
 Саданил 3/1139
 Садочная соль 3/369
 Сажа 1/19, 431, 646; 2/594, 682, 868; 3/646; 4/136, 283, 673, 817, 1114, 1115, 1173; 5/39, 40, 68, 973. См. также *Технический углерод*
 «белая» 1/62, 281; 3/992. См. также *Кремний, диоксид*
 графитированная 1/884; 2/608
 как антистатик 1/339
 как канцероген 2/606
 как наполнитель 1/630, 633, 634, 636, 1028; 2/377; 3/326
 как светостабилизатор 4/588
 Саймона уравнение 1/1215
 Саймонса реакция 1/953; 3/982; 5/392
 Сайты 4/450, 509, 510; 5/158
 Сакагучи реакция 4/568; 1/362, 363, 475
 Сакситоксин 5/1045, 1047, 1048
 Сакуринт 2/443
 Салазодиметоксин 4/902
 Салазопиридазин 4/902
 Салазосульфаниридин 4/902
 Салазосульфаниламиды 4/901, 902
 Салбутамол 1/318
 Саликоксан 2/473
 Салинтон 2/473
 Салицилальдегид 4/569; 5/213
 Салицилальдегидин 1/201
 Салицилальдоксим 3/185, 186
 бис-Салицилальдегидинидами 4/397
 Салициламин 1/297; 4/569
 Салициланид 1/337, 452; 4/225, 226, 568; 5/359, 419
 Салицилаты 4/569
 Салицилиденанилин 4/504, 505
 N,N'-бис-(Салицилиден)этилендиамин 3/278; 4/400
 Салициловая кислота 4/568, 219, 230, 285, 569, 570, 774, 775, 840, 892, 893, 901, 935, 1174; 1/263, 297, 338, 434, 531, 615; 2/1, 19, 89, 151, 634, 802, 864, 1083, 1100, 1217, 1294; 3/126, 692, 693, 711, 1124, 1234; 5/45, 132, 143, 903, 1001, 1012
 Салициловый альдегид 4/569, 341, 570; 1/492, 518, 531; 2/931, 1005, 1101; 3/686–688, 691, 797, 966; 5/360, 903
 «Салициловый спирт» 4/569, 570
 Салицилонитрил 1/491
 Салицил-5-сульфохлорид 4/935
 Салицилфлуорид 5/128
 Салицин 2/973
 Салоп 4/569; 5/133, 143
 Саломасы 1/1085; 3/302, 1186; 4/743
 Салуретик 2/180, 181; 5/433
 Салутаридин 3/274
 «Салькомин» 3/390, 971
 САМ, см. *Метилстиролы*
 Самандария 5/1044
 Самарий 4/570; 5/937
 алюминат 1/206
 галлиевый борат 2/222
 галогениды 2/1214; 3/356; 4/436, 437, 570, 571
 карбонат 4/571
 интерметаллиды 3/91, 576
 нитраты 4/570, 571
 оксиды 4/438, 570, 571, 586
 определение 5/631, 632
 органические соединения 2/479, 481, 485, 486, 828, 1147, 1148, 1242; 3/767; 4/142, 571
 получение 1/875; 4/571
 применение 2/1240; 4/571
 свойства 2/962; 3/75, 957, 958, 961; 4/432–435, 570, 571
 сплавы 2/589, 809
 сульфаты 4/570, 571
 феррит 5/163
 цианиды 5/707
 Самарскит 4/156, 570
 Самоассоциаты 3/82
 Самовозгорание 4/571, 572, 573; 2/767; 3/1187
 Самовоспламенение 1/702, 828–831, 1164; 2/304, 767; 3/81, 326, 1187, 1189; 4/174, 571; 5/222, 688, 689
 Самозатравка 3/255, 256
 Самоизмельчение 2/353, 354, 356, 630
 Самоинстраивающиеся системы автоматического регулирования 1/24
 Самоорганизация 4/573, 574; 3/841; 5/466, 473. См. также *Марантони эффект*
 в иерархических системах 4/1063, 1064
 в неравновесных процессах 3/430, 841
 и десублимация 4/890
 и релаксация 4/463
 на межфазной поверхности 2/1308
 пространственно-временная, см. *Коллективные реакции*
 Самопроизвольные процессы (явления)
 армирование, эффект 3/1120
 в дисперсных средах, см. *Структурообразование*
 в открытых системах, см. *Самоорганизация*
 в твердых источниках газов 3/1075
 возгорание, см. *Самовозгорание*
 воспламенение, см. *Самовоспламенение*
 высокотемпературный синтез, см. *Самораспространяющийся высокотемпературный синтез*
 деление ядер 4/315, 316, 318, 331, 432
 диффузия 2/192, 195, 197, 384; 4/832, 994
 ионизация 3/11
 конденсация 2/784, 785, 787, 814; 3/26
 коррозия 2/952
 люминесценция 2/1220
 нагревание 4/571, 572
 необратимые 3/644
 образование растворов 4/363
 – тонких пленок 4/1206
 окисление – восстановление 2/157, 158; 3/664. См. также *Автоокислительные реакции*
 пассивация металлов 3/889, 890
 переход растворителя через мембрану 3/39, 40
 поверхностные, см. *Поверхностные явления*
 полноконденсация 3/1258
 полимеризация 3/1262; 5/977
 поляризация диэлектриков, см. *Сегнетоэлектрики*
 преразличные нестабильных атомных ядер, см. *Радиоактивность*
 сплайсинг 4/811
 таутомерные, см. *Таутомерия*
 цепные 5/689–692
 электролиз 5/838
 эмульгирование 5/948, 949
 энтропия 5/955
 эпитермизация 5/957
 этерификация 3/253; 4/527, 1127
 Самораспространяющийся высокотемпературный синтез 4/574, 575, 685; 1/584, 1169; 2/1261; 3/415, 421; 5/516, 755
 Самородные элементы 3/95, 166; 4/560; 5/936. См. также отдельные химические элементы
 Самосадочная соль 1/956, 957; 3/369
 Самосборка рибосом 3/211, 600

- Самосинхронизирующиеся грохота 1/1206, 1207
- Самосогласованного поля метод 4/575, 576; 2/722; 3/233–236, 391, 893; 5/875
- «Сампо», пенообразователь 3/648
- Сангвинирия 2/398, 399
- Сангвиритрин 4/231
- Сангвиамин 3/594, 595
- Сандазоли 2/1097
- Сандарак 4/739
- Сандерсена метод 5/896, 897
- Санидин 3/1192
- Санторин 3/380
- САН-пластик 1/118
- Санпрен 5/86
- Сантал А 4/1090
- Санталеин 5/1004
- Санталлол 4/576, 1090; 1/660, 988; 2/598
- Санталовое масло 4/576; 5/1003, 1004
- Санталол 4/576; 5/1004
- Сантен 5/438
- Сантокюр 3/62
- Сантонины 2/26; 4/661
- Сантопур 4/173
- Саперинозол 4/233
- Сапогенины 4/577–580
- Сапоники 4/576, 577–580, 860; 1/1128, 1129; 3/284, 848; 5/38, 589, 1042, 1051, 1053, 1056
- Сапропелиты 4/579, 580; 1/1177; 1178; 2/703
- Сапропель 3/457, 789; 5/54
- Сапфир 2/208, 222, 223, 1043, 1072, 1283; 3/256, 1103; 4/782; 5/387, 788
- Сапфири 2/1027
- Саран 1/716; 3/1139
- Саркозиды 4/580
- Сарколизин 4/234
- Саркозин 1/80, 134, 135, 250; 4/580; 5/584
- Сарпагин 5/537
- Саррацины 3/1082, 1083
- Сарсасопогенин 4/577, 578
- Сартомер 3/746
- Сассарасовое масло 4/581; 5/800
- Сассолин 1/586
- Сафлоровое масло 4/377–380
- Сафранин 1/75; 2/450; 4/1199; 5/116
- Сафрол 4/580, 581; 1/185, 505, 1004
- Саха уравнения 2/532
- Сахит 1/587
- Сахар(а) 1/1129, 1147, 1162, 1163; 2/6, 40, 935; 3/34, 1090; 5/7, 36–39, 158, 819, 995. См. также *Углеводы*
- ацетобромсодержащие 1/1131
- внутренние ангидриды 1/1127
- встраивающиеся 1/1128, 1129; 4/1197
- жженный 2/1277; 3/1089
- заместители 4/900, 1090; 5/119, 121. См. также индивидуальные добавки
- изомеризация 2/1211
- «колер» 3/1089
- молочный 3/572
- мутаротация 2/913
- определение 2/133, 291; 3/519; 5/114, 123, 659
- разделение 2/1171
- рафинирование 2/1246; 3/1089; 5/676
- свекловичный 4/581
- свиной 3/572, 785; 4/597
- содержание в продуктах 2/292; 3/1147
- солодовый 3/747. См. также *Мальтоза*
- стереохимическая конфигурация 2/906
- тростниковый 1/195; 2/755; 3/1078; 4/581, 582. См. также *Сахароза*
- ферментативное расщепление, см. *Брожение*
- фосфаты 5/347–349
- фосфорилированные 1/483; 3/918–920
- фруктовый 1/195; 5/375. См. также *Фруктоза*
- эпимеризация 2/629
- эфир 1/1131; 4/38. См. также *Глюкоза*
- Сахараты 4/582
- Сахариметрия 2/292; 3/1147
- Сахарин 4/581, 1204; 2/539; 3/1090
- Сахарновые кислоты 2/1211
- Сахарная кислота 1/1154
- Сахароза 4/581, 514, 582, 1037; 1/1154; 2/5, 31, 464, 544, 989, 1092, 1153; 3/157, 169, 271, 614, 748, 749, 829, 896, 1090; 5/37–39, 348, 373–375, 715, 781
- СБС 2/95
- Саарка 2/273; 5/53, 750
- атомно-водородная 1/778
- ацетилен-кислородная 1/429, 430
- лазерная 2/1120, 1128
- «локальные мостики», см. *Трение*
- материалов нетканых 3/437
- полимерных 4/582, 17, 583
- пиротехническая 3/1076
- термитная 4/1057
- ультразвуковая 5/62
- химическая 3/1121
- Сварта реакция 1/529, 530, 953; 3/938; 5/391
- Свекловичный сахар 4/581, 582
- Свена (Свейна)–Лаптона уравнение 2/941
- Свена–Скотта уравнение 2/941; 3/294, 602
- Сверхвозбужденные состояния 2/501
- Сверхвысокие давления 2/47, 223
- Сверхкислоты 1/950; 2/25, 770, 784; 4/244, 947; 5/384
- Сверхкритические методы
- хроматография 2/610, 611
- экстракция 5/834, 835, 1005
- Сверхпроводники 4/583, 438, 574, 576, 583–587, 831, 877, 878, 893, 911, 975, 996, 1057, 1058, 1087, 1112; 1/1037, 1194; 2/77, 477, 485, 486, 547, 722, 733, 797, 1073, 1146; 3/31, 76, 97, 101, 225, 243, 250, 414, 415, 417, 419, 420, 435, 491, 493, 498, 758; 5/102, 413, 510, 516, 594, 762, 868
- Сверхсопряжение 4/766
- Сверхструктуры, см. *Интерметаллиды*
- Сверхтвердые растворы 4/1005
- Сверхтекучесть 1/1003, 1004; 2/299, 385, 479–481, 886; 5/102–104
- Сверхтонкие взаимодействия 4/587, 588, 795, 797, 798; 1/407, 413, 414; 2/721; 5/889–893
- Светеналь 4/588
- Светильный газ 3/1061
- Светлые нефтепродукты 3/378, 441–443, 445–448, 462, 1059–1061
- Светлый креп 4/444
- Светокопирование 4/507
- Светопрочные красители 3/1035, 1036, 1079; 4/256; 5/382, 383
- Светостабилизаторы 4/588, 589, 590, 814, 817, 1088, 1100; 1/402; 3/519, 1119, 1234; 5/288, 1001
- Светостойкость 4/590; 1/645; 2/708; 3/1116, 1119. См. также *Светостабилизаторы*
- Светочувствительность фотоматериалов 5/315, 316, 321, 325, 328–330
- Свечение 2/1062, 1129. См. также *Люминесценция, Хемилюминесценция*
- Свечи 1/865; 2/768; 3/369, 884, 1075
- Свинец 4/590; 3/575; 5/74, 936, 937
- азид 4/597, 592, 603, 1082; 1/72, 705; 2/466, 467
- амальгамы 1/222, 223
- ацетаты 4/597, 43, 591, 600, 803, 1137; 1/639, 870, 916; 2/28, 711, 747, 1001, 1079, 1148; 3/347, 541, 580; 5/219, 521, 664
- бораты 1/581, 974; 3/371; 4/707, 708; 5/400
- галогениды 4/597, 46, 314, 508, 591, 592, 597, 598, 835, 1003, 1039, 1138; 1/1184; 2/709, 1079; 3/356, 774; 5/562, 563, 755, 841
- гидроксид 1/1092; 2/637; 3/1012; 4/591
- гидрофосфат 1/783
- интерметаллиды 2/384, 478, 481, 1201; 3/165, 304, 348; 4/99, 556, 584, 601
- карбонат 2/637, 639; 3/553, 1012; 4/591, 597, 598, 600
- кислоты 4/591, 595
- металлаты 1/382, 383, 462, 675, 774, 1035; 2/474, 733, 1001, 1078, 1079; 3/241, 242, 244, 424, 774, 1011, 1012; 4/158, 284, 597, 598, 608, 617, 708, 944, 985; 5/62, 83, 608, 621, 630–633, 761
- нитрат(ы) 4/598, 591, 596, 597, 600, 603, 944, 1165, 1168; 1/96; 2/1079; 3/517; 5/456
- оксиды 4/598, 42, 158, 159, 183, 184, 283, 359, 563, 584, 587, 591–593, 597, 602, 706, 737, 820, 836–838, 869, 984, 1057, 1086, 1140, 1205; 1/110, 111, 371, 541, 832, 977, 1035, 1044, 1049, 1182, 1184; 2/138, 183, 242, 443, 525, 566, 573, 629, 1096, 1156; 3/68, 147, 168, 279, 357, 360, 369, 370, 390, 433, 545, 660, 696, 698, 775, 906, 969, 1012, 1079; 5/142, 552, 568, 701, 702, 901
- определение 1/348, 381, 739, 1182; 2/177, 205, 442, 451, 522, 709, 743; 838, 896, 1218, 1219, 1230; 3/124, 164, 169, 969, 1058; 4/397, 448, 530, 531, 594, 936, 1126; 5/335, 719, 837
- органические соединения 4/594, 54, 172, 592, 595–598, 600, 641, 946, 1138, 1140, 1252; 1/168, 169, 495, 543, 563, 958, 964; 2/174, 175, 466, 1085, 1296, 1297; 3/62, 81, 84, 369, 371, 432, 749, 897, 906, 907, 978, 986, 990, 1020, 1056; 5/384, 421, 934
- полимеры 3/419
- получение 1/672, 977, 1019–1021, 1103, 1104; 2/87, 334, 561; 3/4, 7, 89, 93, 412, 637, 1001, 1069, 1193; 4/559–561, 592, 593, 598, 602, 639, 820, 1020; 5/205, 207, 210, 211, 298, 506, 651, 746, 749, 750
- применение 1/974; 2/503, 676, 685, 801, 1226, 1227; 3/71, 85–87; 4/106, 594, 1007, 1111; 5/487, 488, 753, 841, 901, 903, 904, 920. См. также *Свинцовые аккумуляторы, Свинцовые материалы*
- свойства 1/400, 459, 652, 768, 1018; 2/282, 334, 384, 386, 387, 394, 504, 671, 962, 1099, 1153; 3/96, 357, 606, 955, 958, 1012, 1093, 1179, 1180; 4/322–324, 584, 587, 591, 592, 814, 816, 1003, 1039, 1154, 1155; 5/84, 142, 388, 391, 455, 928, 929
- силикаты 1/774; 4/838; 5/407
- сплавы 4/601, 184, 594, 595, 602, 639, 809, 876, 945, 975, 1110; 1/343, 813, 1192; 2/580, 801, 1331–1333; 3/82, 306, 349, 753, 754, 758, 1133; 5/371, 753, 854, 855
- стифнат 4/603
- сульфаты 4/602, 591, 820, 1149
- 2/710, 1079; 3/1011
- тиоцианат 4/1164, 1165
- титанат 4/602, 284; 2/733; 3/433
- 5/621, 761
- токсичность 3/849, 854, 857, 856, 1194; 4/594
- тринитротетразолинат 4/603, 1266
- 1/706; 2/466, 467
- ферриты 5/163
- фосфаты 5/247, 248, 250–252, 281
- фосфит 5/288
- халькогениды 4/603, 104, 109, 111, 112, 555, 560, 585, 591–593, 602, 604, 617–619, 630, 785, 1005, 1018, 1022–1024, 1168; 1/916, 1015, 1110; 2/51, 702, 709, 797, 1124, 1148; 3/165, 243, 250, 774
- хлорат 5/559
- цианамид 3/1012
- цианат 5/702
- цианид 3/281; 5/702
- чернь 1/735; 4/592–594
- Свинечлористоводородная кислота 4/591
- Свиной жир 2/303, 304, 307, 308; 3/302, 395, 730; 4/172; 5/1005
- Свинцевание 1/974; 4/594
- Свинцовые аккумуляторы 1/109, 110; 3/865; 4/591, 594, 600, 602, 648
- Свинцовые материалы
- блеск 4/603. См. также *Галениит*
- мыла 3/301, 303
- пигменты, белила 1/1208; 2/1296; 3/1011, 1012; 4/602
- , кроны 1/1207, 1208; 2/274, 330, 996, 1078, 1079; 3/991, 1011, 1012; 4/92
- , сурик 1/563; 2/322; 3/1012; 4/591, 600, 838
- смазки 3/1125
- сахар 3/572, 785; 4/597
- стекла 3/775; 4/836, 837
- Свин-режим ЯМР 5/1027
- Свободная влага 4/954, 955
- Свободная энергия, см. *Энергия свободная*
- Свобододисперсные системы 2/152, 153
- Свободное осаждение 1/1106
- Свободные радикалы, см. *Радикалы свободные*
- Свободный объем
- жидкости 2/301
- насадок 3/337
- СВХ-мониторы 3/262, 263
- Связанная влага 4/954
- Связанная энергия 3/1161
- Связнодисперсные системы 2/152, 153. См. также *Реология*
- Связывающие орбитали 3/781, 782, 965; 4/420
- Связь(и)
- адгезионные 1/36, 37; 2/799
- валентные, см. *Валентных связей метод*
- водородная, см. *Водородная связь*
- лативная 1/432; 2/919, 927; 3/82, 83, 735
- двойная, см. *Двойная связь*
- дисульфидные 2/423–425, 475, 476, 487, 736, 1156; 3/198
- длины 1/378, 411, 412; 3/208, 210, 219, 330–334, 390, 797
- доионно-акцепторная 1/432, 665; 2/831, 832, 877, 918, 1019, 1171; 3/82, 83, 207, 545, 735
- изомерия 2/929
- ионная, см. *Ионная связь*
- ионно-ковалентная 2/479; 3/698; 4/674, 909, 910

4. **нонно-металлическая** 2/478
ковалентная, см. *Ковалентная связь*
координационная, см. *Координационная связь*
кратные, см. *Кратные связи*
металлическая 3/73, 74–76, 96, 164, 508, 509; 2/478–485; 4/994, 995
механическая, см. *Связь топологическая*
обратная, см. *Обратная связь*
орбитали 2/1211
пептидные 1/231, 471, 483, 840. См. также *Пептиды*
простые 2/983, 984; 3/785, 787
рефракция 4/515, 516
топологическая 2/694; 4/1214; 1215; 5/538
химическая, см. *Химическая связь*
Связующие 4/604; 5/122, 128. См. также индивидуальные представители и реакционные системы
СГ-соль 1/988
Сгущение 2/491, 492; 3/637, 819–822; 5/193, 674, 675. См. также *Осаждение*
Сдвиг
батохромный 2/99; 4/751, 767; 5/384, 646, 649
гипсохромный 2/174, 1082; 4/751; 5/360, 646, 649
1,2-метильный, см. *Метилнафталины*
модуль 4/663. См. также *Механические свойства*
при перегруппировках 2/599, 600, 628, 966; 3/549
– α-распаде, правило 4/315
рамки, мутации 3/300
химический, см. *Химический сдвиг*
частот линий спектров КР 2/865–867
электронов химических связей 2/461, 462
энергетических уровней системы 1/799; 3/66, 67
Сдвигающие реагенты 4/605, 68, 606
Себастьяны 1/866, 988; 2/804; 3/1197; 4/606, 607; 5/572
Себастьяновая кислота 4/606, 527; 1/606, 630; 2/107, 108, 660, 804, 809, 863; 3/1201, 1223; 5/903
динитрил 4/607
эфир 2/92; 3/728, 1116, 1117, 1234; 4/172, 698; 5/1001
Севари 2/844
Севин 2/473; 3/107
Сегнетова соль 3/256; 4/284, 608
Сегнетокерамика 2/209, 733; 4/608
Сегнетоэлектрики 4/608, 110, 585, 616, 708, 879, 909, 943, 949, 951, 984, 985, 996, 1022, 1176, 1184; 1/672; 2/207, 209, 242, 284, 285, 371, 571, 1070–1073, 1111; 3/489, 777, 1078; 5/102, 103
Сегрегация 4/735, 1004
Седативные средства 4/608, 609, 743, 773; 2/1275, 1322; 3/354, 685, 701
Седиментация 1/687; 3/819, 820, 851, 859, 860. См. также *Осаждение*
белков 1/559
бесструктурная 2/816
гравитационная 4/282, 285
и коагуляция 2/816
и молекулярная масса полимеров 3/218, 219
и молекулярно-массовое распределение 3/221
и устойчивость систем 2/154, 155, 338, 339; 3/819, 991; 4/952
потенциал 5/847, 848, 850, 898
структурная 2/816
и эмульгирование 5/949
Седлованные азотропы 1/69
Седловые точки реакций 1/45, 121–125; 2/916, 917; 3/1175–1177
D-Седогептулоза 5/37
Седогептулозо-(7)-фосфаты 3/615, 616, 918, 919
Селуксен 4/1224, 1225
Секалины 4/190
Секалин 4/1039
Секвенаторы 1/551; 3/921
Секвенирование 1/472, 479; 3/588, 589; 4/522; 5/801
Секодарифиллин 1/144
Секологанин 2/457–459
Секоефентреноидолизидиновые алкалоиды 5/118
Секоефентреноидолизидиновые алкалоиды 5/117, 118
Секретин 4/609, 758; 3/199
Секретные перегруппировки 4/610
Секторный метод 4/164, 165
Секურიны 1/147
Секционные устройства
классификаторы 2/790
печи 3/999
питатели 3/1084, 1085
Селагин 1/146
Селатионидин 5/969, 970
Селант 2/1245
Селар-ОН 3/1139
«Селексол»-газоочистка 1/931
Селективная химия 5/476
Селективность
анализа 1/550; 2/347, 710, 711, 757, 871, 1098; 5/148, 149, 151, 629
материалов, см. *Селективные материалы*
процессов, см. *Селективные процессы*
связанные углеводородов 2/811
Селективные материалы
детонирующие ВВ 1/706; 4/162
индикаторы 1/550; 2/451
ионообменные смолы 4/612, 613; 1/289; 2/520, 1171; 5/440
катализаторы 1/1051, 1057, 1058; 2/662, 667, 671, 672, 680, 685, 689; 5/52
мембраны 3/38–40, 55–57
органические реагенты 4/395
сорбенты 2/477; 5/814
флотореагенты 5/207, 208
электроды 2/522, 1146
Селективные процессы
адсорбция 2/210; 5/473
коррозия 2/1332, 1333
нефтепереработки 5/681
низкотемпературные 2/1034
обессмоливание 2/168
отравление катализаторов 5/1047
очистка, см. *Нефтепродукты*
правило Брауна 1/604
«сверхкритическая» экстракция 5/834
трибохимические 4/1256, 1257
флокуляция 5/203
химические, см. *Реакции химические, селективность*
Селектоформинг 5/681
Селен 4/613, 431; 3/854, 1053; 5/298, 493, 494, 937
бораты 4/618
галогениды 1/541, 612, 1194; 2/137, 182, 1125; 3/494; 4/614, 615, 618, 1020
гидрид 1/1079, 1080; 4/548, 614, 615, 619, 621, 1096. См. также *Селеноводород*
металлаты 4/618
оксиды 4/616, 614, 615, 617, 619–621, 657, 659, 922; 1/526, 1162; 2/13, 105, 745, 858, 1108, 1214; 3/665, 1000, 1018, 1079; 5/202, 526
определение 1/408, 428, 526, 739; 2/654, 709; 3/169; 4/615
органические соединения 4/619, 278, 614, 615, 620, 625, 815, 1025; 1/526; 2/409, 557, 622, 811; 3/62, 825, 826, 987; 5/279, 309. См. также индивидуальные представители
полимеры 3/419
получение 1/869; 2/87; 3/4, 413, 1053, 1193; 4/562, 614, 615, 1020
применение 2/421, 730, 1119; 3/93; 4/105, 106, 108, 114, 115, 502, 503, 550, 615, 835, 839; 5/799
самородный 4/613
свойства 1/412, 550, 768, 1015; 2/13, 606, 767, 911, 912, 1170, 1227, 1280; 3/161, 243, 955, 958, 1000; 4/325, 349, 584, 613–615, 741, 813, 1019, 1034, 1095, 1101, 1153, 1270; 5/437, 438, 455
сплавы 2/453, 454, 1124, 1332; 4/502
халькогениды 1/332, 935; 2/709; 3/243, 348, 754–756, 763; 4/503, 550, 619, 632. См. также *Селениды*
цианид 5/702
Селеназины 4/619
Селенантрон 2/144
Селенаты 4/616, 617
Селендиазины 4/619
Селениды 4/617, 111, 112, 141, 465, 614, 615, 618–620, 1022; 2/671, 1061; 3/165, 166, 774–776; 5/162, 925. См. также *Халькогениды*, отдельные химические элементы
Селеновые кислоты 4/619
Селенистая кислота 1/187; 2/557; 3/989; 4/614, 616, 620; 5/438
Селениты 1/1123; 3/166; 4/616, 619
Селеноальдегиды и селенокетоны 4/619
Селеновая кислота 4/616, 617; 5/438, 755
Селеноводород 1/777; 3/243, 576; 4/548, 614, 615, 619, 621, 1091; 5/16, 437
Селеноводородная кислота 3/576; 4/617
Селеногуанидин 4/620
Селенолит 4/616
Селенолы 4/619, 620
Селеномочевина 1/981
Селеноновые соединения 3/765; 4/619
Селеноновые кислоты 4/619
Селенионы 4/619
6-Селенопурин 4/620
Селеноотказы 1/981
Селенофан 4/1096
Селенофан 4/621, 619, 1026; 5/429
Селенофосфоновые кислоты 5/275, 280
Селеноциклоалканы 4/619
Селеноцистамин 4/620
Селеноцистин 4/620
Селиванова реакция 5/375
Селиан 4/660
Селиен 2/26; 4/659, 660
Селитры 4/621; 1/191; 2/709; 3/172, 173, 412, 505, 564
аммиачная, см. *Аммиачные продукты*
бариевая 1/461; 4/621. См. также *Барий, нитрат*
известково-аммиачная 1/102, 103; 4/621
индийская 1/92
калийная, см. *Калийные (калиевые) продукты*
кальциевая, см. *Кальциевая селитра*
натриевая, см. *Натриевые материалы*
чилийская 1/92, 102, 103; 3/347, 357
Селитряная смесь, см. *Натрий, нитрит*
Селлант 5/386
Селфок 3/776
Семантические графы 1/1201
Семенова
диаграмма 1/828, 829
критерий 1/829
метод квазиэнтальпийности 2/715
уравнение 5/687, 689
Семерон 1/1033
Семибензиновый механизм 5/96
Семивитринит 2/596
Семидиновая перегруппировка 1/491, 1073
Семидины 1/247, 491
Семидурохинон 4/623, 624
Семикарбазид 4/621, 622, 623, 1147, 1250; 1/682, 1075; 2/620; 3/280; 5/702, 705
Семикарбазидосемикарбазоны 4/623
Семикарбазоны 4/622, 621, 623; 1/437; 2/251, 252, 359, 516, 600, 1081, 1298; 3/577, 725
Семиквадратная кислота 3/723, 724
Семиколлоиды 3/302
Семиксиленоловый оранжевый 5/379
Семикоогулеродные кислоты 3/723
Семиполярные связи 2/919
Семитиомолфталесон S 5/379
Семихиноны 4/623, 624; 1/532; 2/872, 873; 3/36, 665; 5/142, 354, 532, 533
Семилента 4/85
Семармонит 4/942
Сен-Венана модель 4/486
Сенгера метод 3/589, 594, 601
Сендасты 2/1241, 1243
Сенсибилизация
и детонация 1/280; 2/47; 4/731
и люминесценция 2/1062, 1220, 1225–1227
и разложение молекул растворителя 2/5
и светостойкость полимеров 4/590
оптической 4/624, 588–590, 625, 626, 720; 1/508; 2/37, 398, 811, 1272; 3/132, 683; 5/317, 322, 324, 327, 330, 339, 340, 363
спектральная 2/37; 4/624
фотографические материалы 4/626, 627, 841; 3/679; 5/116, 322, 330, 445, 632
фотодиссоциация 2/811
фотополимеризация 1/494
Сенситометрические показатели 5/329, 453
Сенсоры
химические 4/627, 628, 893, 1224; 3/415, 418; 5/66, 151, 764, 863, 915
электрохимические 5/915, 842, 916, 917, 920, 924
Сепараторы 1/929, 1105; 2/351; 3/636
воздушные 4/629
гравитационные 1/931
инерционные 1/931
классификаторы 2/790
крутизональные 3/633
молекулярные 5/628, 629
осадительные 5/193
радиометрические 3/635
фильтры 1/931
центробежные 1/931; 5/673–677
циклонные 1/931; 2/614, 683; 4/629, 1060
электрические 3/634, 635
Сепарация 3/630
в аппаратах КНС 3/633
в криволинейных потоках 3/632
в тяжелых средах 3/631, 632
вакуумная 3/93
воздушная 4/628, 629, 630; 1/1205; 2/351, 790; 5/715
гравитационная 3/631–633; 5/206
дизлектрическая 3/634
магнитная 3/633–635, 1001; 4/981

- на столах 3/632, 636
оборудование, см. *Сепараторы*
отсадка 3/631
пенная 3/897, 898–901, 922
по плотности 3/631–634
с наклонной плитой 3/636
трибозлектрическая 3/634
флотационная 5/206
электростатическая 2/563
- Септанозиды 1/1127
Септаидины 3/596
Септизины 5/118
- Сера 4/630; 1/190, 191, 399, 400;
3/576, 1193; 5/54, 55, 936, 937
аморфная 3/575; 4/631
газовая 4/633
галогениды 4/655, 43, 171, 548, 631,
632, 654, 656, 914, 922, 938–940,
1108, 1133, 1141–1143, 1149;
1/163, 612, 943, 950, 953; 2/142,
533; 3/514, 733, 734, 938; 5/280,
389, 392, 834. См. также *Сульфур-
галогеениды*, *Тионилгалогениды*
– гексафторид 4/656, 152, 655, 814;
1/664, 834, 911; 2/529, 1077;
3/142, 190, 392, 421
гидриды 1/1079, 1080; 2/1205;
4/938. См. также *Сероводород*
желтая 4/650
жидкая 2/300
золи 2/154, 319
кластеры 2/792, 793, 796
коллоидная 2/846; 4/171, 633
комовая 4/633
метастабильная 4/630
нитриды 1/93; 4/632
оксиды 3/42, 419, 632
– диоксид (SO₂) 4/656, 152, 177,
193, 223, 325, 344, 359, 396, 628,
632, 634, 644–647, 654, 657, 667,
814, 877, 899, 907, 916, 918, 921,
922, 926–928, 934, 938, 939, 975,
1020, 1142, 1149, 1210; 1/6–8,
532, 573, 664, 670, 674, 675, 786,
836, 888, 890, 892, 893, 900–904,
915, 916, 973, 1103; 2/99, 120, 282,
322, 342, 381, 402, 446, 499, 505,
522, 661, 664, 666, 672, 769, 807,
874, 933, 952, 1043, 1077, 1172,
1332; 3/168, 356, 365, 667, 698,
699, 849, 853, 854, 864, 1044, 1088.
См. также *Сернистый ангидрид*,
Сернистый газ
– триоксид (SO₃) 4/657, 71, 193,
540, 632, 644–647, 658, 659, 836,
896, 900, 906, 907, 917–919, 923,
924, 928, 940, 1103, 1150, 1210;
1/573, 664, 665; 2/142, 154, 505,
641, 661, 664, 672, 769, 1077;
3/121, 375, 392, 528, 667, 698, 980,
1025, 1044, 1046. См. также *Сер-
ный ангидрид*
– растворы, см. *Олеум*, *Серная
кислота*
определение 2/654, 710–712, 731,
770, 896; 3/168, 447; 4/627, 633,
779, 1056, 1148, 1318; 5/781, 916
органические соединения 4/634,
635, 938, 1025, 1086, 1151; 1/565,
901–904; 2/62, 96, 409, 410, 558,
812, 845, 1016; 3/458, 463, 464,
540, 660, 765, 785, 975; 5/279, 309
– алкалоиды 4/651, 652, 653
перламутровая 4/630, 631
пероксиды 3/974, 975
пластическая 4/631
полимеры 2/923, 924; 3/419, 420
получение 1/562, 786, 901, 902, 904,
930, 931, 1175; 2/597, 846; 3/7,
363, 412, 1068; 4/561, 592, 632,
633, 654, 1149, 1151; 5/144, 443
применение 1/106, 107, 880; 2/286;
3/995; 4/114, 115, 227, 633, 634,
835; 5/416, 835. См. также *Серная
вулканизация*
ромбоздрическая 4/630, 631
самородная 4/630, 632, 633; 5/208
свойства 1/234, 412, 664, 665, 684,
708, 709, 734, 903, 904, 1015, 1122,
1205; 2/13, 94, 171, 173, 180, 183,
208, 367, 421, 561, 767, 779, 832,
911, 1172, 1227, 1333; 3/62, 167,
226, 365, 575, 577, 619, 620, 955,
957, 958, 1001, 1012, 1034, 1194,
1219, 1227, 1333; 4/274, 325, 331,
349, 482, 515, 556, 593, 630–632,
649, 651, 726, 741, 813, 848, 1008,
1022, 1101, 1128, 1131, 1134,
1151, 1159, 1270; 5/43, 85, 86, 145,
416, 417, 437, 438, 463, 494, 502,
527, 571, 572, 610, 611, 617, 755,
889
содержание в сырье в сплавах 1/768,
1106–1108; 2/839, 840; 3/442,
444, 447, 453, 456, 753, 1069
сплавы 1/977; 2/1124, 1153; 5/895
халькогениды 1/332, 935; 2/444,
445, 1234; 3/243, 304, 348, 754–
756, 763; 5/43. См. также *Сульфиды*
цианиды 5/702
черенковая 4/633
Серазид 4/237
Серакс 4/1224, 1225
Серантит 4/942, 948
Сервоитные пленки 3/85
Сергеева реакция 1/375
Сердолит 2/1027
Серебрение 1/974, 975; 4/636, 639, 640
«Серебристая соль», см. *Антрахинон-
сульфокислоты*
Серебро 4/637; 1/189, 191; 3/575,
1193; 5/936, 937, 941
азид 1/72
амальгамы 1/223; 4/640
аммины 1/570; 2/920; 5/400. См.
также *Толленса реакция*
галогениды 4/635, 157–159, 227,
252–255, 505, 625–627, 633, 636–
638, 640, 641, 745, 746, 782, 820,
838, 952, 1006, 1007, 1149; 1/362,
592, 593, 611, 786, 948, 1099, 1114,
1215; 2/3, 51, 332, 374, 387, 388,
408, 452, 455, 494, 709, 1024;
3/105, 135, 256, 440, 722, 774, 775,
796, 800, 981, 1046; 5/181, 182,
315, 357, 452–457, 531, 552, 555,
562, 659, 704, 841, 861–863, 915,
1007
гексаанноферрат 5/453, 454
германиевый цеолит 1/1034
гидроксид 1/279, 1093; 3/1046;
4/638, 931
гидросульфид 5/182
гремяче 2/365
зеркало 1/199; 4/1197
изоцианаты 3/800
интерметаллиды 1/331, 385; 2/481,
483, 1201; 3/348; 4/593, 637
иодат 4/227
карбонат 2/637, 732, 1215; 4/639;
5/534
кластеры 2/797
коллоидное 4/639, 640
металлаты 1/675, 959, 1034; 2/374;
3/306, 1227; 4/466, 617, 636, 637,
973, 1019, 1024, 1112
нитрат 4/636, 155, 205, 638–641,
746, 1062, 1075, 1099, 1198, 1251;
1/338, 361, 541, 599, 613, 726,
1069, 1093; 2/3, 171, 179, 205, 449,
450, 496, 654, 710, 743, 896, 1024,
1084, 1148, 1217; 3/289, 506, 507,
557, 674; 5/6, 181, 323, 454, 563,
768, 861, 990, 1007
нитрит(ы) 1/102; 3/32, 517, 533,
546, 557; 4/1190
озонид 3/658
оксиды 1/111, 371, 533, 541, 639,
959, 1073; 2/453, 455, 460, 569,
732; 3/89, 504, 545, 693, 739,
1032; 4/638, 639, 1098, 1268;
5/20, 124, 142, 277, 532, 552, 794,
982
определение 1/529, 739; 2/142, 177,
205, 452, 522, 569, 573, 709, 710,
1224, 1230; 3/62, 169; 4/183, 184,
394, 399, 530, 531, 555, 640; 5/118,
128, 719, 838
органические соединения 4/641,
157, 158, 273, 500, 606, 640, 642,
868, 1252; 1/430, 432, 433, 488,
597, 810, 841, 864; 2/174, 466, 642,
741, 769, 871, 1085; 3/83, 102, 535,
736, 1020, 1036; 5/45, 139, 721,
861, 862, 999
перманганат 2/242, 1277
перхлорат 3/757, 989; 4/638, 641
получение 1/869, 977, 1020, 1104,
1109; 2/87, 573; 3/4, 36, 89, 304,
412, 763, 819; 4/139, 561, 593, 639,
640, 820; 5/106, 205, 207, 222, 263,
333, 454, 506, 651, 704, 750, 833,
895, 923
применение 1/110, 111, 339, 974,
975; 2/221, 1225–1227; 3/71, 73,
74, 87, 696, 777; 4/114, 252–255,
266, 638, 640, 1004; 5/257, 841,
843, 844, 904, 915, 920, 990. См.
также *Серебряная фотография*
роговое 4/635
свойства 1/810, 1056; 2/13, 77, 154,
282, 334, 393, 505, 596, 603, 665,
667, 668, 671, 691, 766, 779, 867,
920, 1187; 3/45, 74, 97, 98, 289,
691, 732, 955, 958, 1093; 4/208,
631, 636, 694, 787, 803, 813, 837,
1003, 1039, 1077, 1255; 5/7, 49,
84, 222, 453, 454, 773, 856, 958
сплавы 1/821; 2/1153, 1332; 3/753,
754, 873, 1133, 1134; 4/142, 593,
601, 637, 639, 640, 809, 1020;
5/753
сульфаты 4/638–641, 1151; 5/453,
749
тетрафтороборат 5/400
тиоцианат 5/454
фосфаты 5/247, 252, 284
халькогениды 1/1015; 2/334; 3/165,
243, 250; 4/618, 619, 637, 1018,
1023, 1024
– сульфид(ы) 4/636, 188, 555, 585,
626, 630, 637–639, 910, 911;
1/976; 5/454, 455, 457, 704
хлорат 4/638; 5/559
хроматы 1/362; 4/640; 5/630–632
цианат 5/701
цианиды 2/373, 779; 3/800; 4/639;
5/9, 700, 702–704
циановокислород 2/365
Серебряная фотография 5/326–331,
339, 452–457. См. также *Галогено-
серебряные фотоматериалы*, *Фото-
графия черно-белая*
Серебряные устройства
цезиевые фотокатоды 3/696
цинковые аккумуляторы 1/110, 111;
4/638, 640
– гальванические элементы 4/638;
5/487
Серенсен
метод титрования 1/252
реакция 1/874
N¹-(±)-Серил-N²-(2,3,4-тригидроксип-
бензил)гидразин 4/237
Серин 4/642, 194, 214, 215, 217, 250,
1075, 1171, 1247, 1260, 1261, 1270;
1/250, 435, 1000, 1013, 1022, 1098,
1138, 1149, 1174; 2/22, 559, 635, 695,
736, 1136, 1169, 1189–1191; 3/198,
619, 620, 878, 933; 5/1, 2, 215, 244,
272, 518, 767. См. также *Аминокис-
лоты*
О-пептиды 2/34, 35
О-сульфокислота 1/396
ферменты, см. *Сериновые ферменты*
Сериновые ферменты
амидогидролазы 2/695
гидроксицитрилтрансфераза 4/1241
дегидратаза 2/1169
карбоксипептидаза A₁ 2/695
протеиназы 1/1097, 1098; 4/194;
5/159, 1036
Серини 2/736, 992
Серная вулканизация 1/630, 634, 645,
846, 847; 2/377, 706, 719; 3/62,
1244; 4/969; 5/571, 572
Серная кислота 4/642; 1/400, 863, 943;
3/576, 853; 5/915
аккумуляторная 1/110
амид 4/900
гидраты 5/176
и канцерогены 2/606
и сопряженное основание 2/782
концентрированная 3/522, 524, 527,
532, 542, 547, 551, 675, 693, 708,
714, 738, 913, 951, 1034, 1045,
1074, 1081; 4/73, 525, 591, 615,
632, 643, 644, 657, 718, 719, 906,
907, 935, 943, 967, 981, 1019,
1055; 5/126, 140, 382, 384, 519,
572, 1008
коррозионная активность 2/322,
947, 948
определение 1/520; 2/293, 896;
3/705, 950, 953
полные галогениды, см. *Сульфур-
галогениды*
получение 1/467, 679, 1065, 1076;
2/664, 672, 768; 3/362, 412, 667,
698, 856, 863, 864, 1053, 1130;
4/644–648, 651, 657, 659, 900,
911, 1141, 1142, 1164; 5/25, 467,
684
применение 1/549, 898; 3/648;
4/648. См. также *Сернокислот-
ные процессы*
разбавленная 1/630; 3/519, 527, 676,
677, 693; 4/644, 951, 975, 1019,
1055, 1060; 5/122, 139, 221, 572,
608, 636, 845, 977
растворы, выпаривание 1/851
– сериого антипида, см. *Олеум*
свойства 1/9, 114, 157, 191, 254, 299,
578, 635, 648, 650, 667, 669, 680,
715, 731, 734, 738, 771, 780, 786,
900, 901, 940, 958, 974, 976, 1034,
1049, 1060, 1068, 1100, 1102,
1133, 1161, 1194; 2/73, 75, 76, 79,
80, 86, 118, 132, 133, 154, 186, 214,
216, 221, 271, 347, 380, 381, 402,
403, 505, 525, 552, 553, 565, 633,
664, 673, 697, 711, 731, 770, 773,
775, 784, 822, 869, 888, 889, 1107,
1108, 1130; 3/99, 105, 107, 108,
119, 121, 122, 133, 253, 280, 289,
374, 382, 383, 385, 447, 482, 506,
507, 518, 521, 541, 559, 561, 564,
580, 1026, 1251; 4/359, 540, 639,
746, 802, 803, 917, 919, 923, 924,
941, 1039, 1096, 1124, 1125, 1139,
1171, 1173, 1174, 1199, 1205,
1265–1267; 5/6, 77, 109, 119, 125,
131, 133, 136, 144, 202, 222, 367,
372, 453, 589, 710, 856, 857, 903,
995, 996, 1012, 1042
соли, см. *Гидросульфаты*, *Сульфиды*
неорганические
эфир 3/121, 293; 4/644, 801. См.
также *Диметилсульфат*, *Мети-
лсерная кислота*, *Метилсульфат*
Сульфаты органические
Серная печень 2/571; 4/1149
Сернил 3/845

- Сернистая кислота 1/833; 2/782, 784, 1174; 3/102, 656, 918, 1142; 5/438, 559, 782
соли, см. *Сульфиты неорганические эфиры*, см. *Сульфиты органические*
- Сернистая сенсibilизация 4/626
- Сернисто-золотая сенсibilизация 4/626
- Сернистые красители 4/648, 649, 921, 1198, 1199; 2/455, 460, 976, 978, 992, 993, 1156; 3/359, 363, 364, 365, 382, 519, 547, 563, 566; 5/124
дисперсии 5/530
набывные 3/997
полисульфидные 4/43
тиазиновые 4/1116, 1117
формы водорастворимые, см. *Тио-толы*
— пигментные 2/990
хинониновые 5/530, 531
- Сернистые топлива, см. *Мазуты*
- Сернистый ангидрид 1/338, 573; 4/656, 657. См. также *Сера, диоксид*
- Сернистый газ 1/399, 400; 4/656, 657. См. также *Сера, диоксид*
- Серноватистая кислота 4/1149
- Сернокислотные процессы гидратация этилена 5/996
очистка, см. *Нефтепродукты*
разложение фосфатов 2/290
цикл получения водорода 1/786
- Сернокислые эфиры лейко соединений 2/1096, 1156; 4/72
- Сернокислый ландшафт 1/1020
- Серно-крезоловая смесь 2/18
- Серно-натриевые аккумуляторы 1/111; 5/487, 488
- Серные удобрения 4/650
- Серный ангидрид 1/299, 573; 2/505; 4/657–659. См. также *Сера, триоксид*
- Серный колчедан 2/265; 3/863, 1052, 1053; 4/561
- Серный цвет 4/633
- Серный эфир, см. *Диэтиловый эфир*
- Сероводород 4/650, 651; 3/576, 854; 5/57, 222, 437
определение 1/888, 889, 892, 893, 915, 916; 2/522; 4/628, 1056; 5/819, 916
получение 1/904, 929, 930, 932, 1087, 1106–1108; 2/265, 629, 843, 845; 3/363; 4/632, 654, 1135, 1137, 1140, 1141, 1151, 1155, 1162; 5/162
применение 1/293, 786; 4/223, 632, 633, 651
свойства 1/6–8, 458, 528, 549, 664, 709, 721, 739, 755, 777, 786, 833, 903, 911, 995, 1079, 1080, 1093; 2/106, 175–177, 322, 331, 420, 495, 533, 553, 652, 668, 675, 709–711, 782, 1043, 1077, 1333; 3/63, 227, 458, 485, 492, 513, 527, 624, 699, 734, 758, 785, 1001; 4/200, 633, 644, 746, 951, 974, 1096, 1112, 1116, 1120, 1123, 1124, 1126, 1128, 1133, 1134–1136, 1138, 1139, 1141, 1149, 1156, 1158, 1160, 1164, 1166, 1174, 1220; 5/16, 343, 429, 692, 701, 709, 976, 991, 1047
содержание в воде и сырье 1/554, 773, 901–904; 2/568, 639, 666; 3/170, 171, 1055
- Сероводородная кислота 3/576; 4/651, 909
- Серосодержащие алкалоиды 4/651, 652, 653
- Серотонин 4/653, 269, 654, 742, 773; 1/322, 325, 369, 653; 2/425, 456, 1076; 3/254, 619, 620; 5/1, 1037, 1039, 1044
- Сероулетер 4/654, 655
- определение 1/916
получение 1/62, 929, 932, 1085; 2/176, 213, 231, 840; 4/632, 654, 657, 1140, 1164
применение 1/6–8, 730, 731, 733; 2/1086, 1119; 4/223, 359, 372, 654
свойства 1/70, 71, 271, 306, 655, 730–733, 892, 902, 989; 2/82, 174, 183, 186, 300, 413, 415, 564, 573, 668, 768, 929, 1086, 1127, 1138; 3/62, 63, 106, 733, 785, 853, 854, 945, 1000, 1236; 4/355, 357, 631, 632, 634, 814, 1019, 1111, 1112, 1133, 1136, 1141, 1153, 1154, 1165, 1167–1169, 1203, 1216, 1220; 5/43, 195, 212, 234, 264, 416, 608, 688, 777, 779, 790, 791, 975, 986, 1025
- Серпантиниты 2/348
- Серпентин 1/385, 1035; 2/1233
- Серпентинин 2/458, 459
- Серпентиниты 2/1233; 4/561
- Серратинин 1/146
- Серые тела 2/256, 257; 4/1047; 5/645
- Серый для меха ДА 3/694
- Сесквитерпеноиды 2/602; 3/1047; 4/659, 660; 5/1042
- Сесквитерпены 4/659, 660, 661, 714, 1090–1092; 1/105, 342, 684, 697; 2/26, 283; 3/432; 5/66, 438, 1004, 1005
- Сесквифульвалены 5/415
- Сетка(и) 1/899, 931
вулканизационная 1/844, 845
для очистки воды 1/770
контактные золотые 5/705
металлические, см. *Гальванотехника*
насадки 3/338, 339
платиновые 3/1130
полимерные 4/844. См. также *Сетчатые полимеры*
фильтровальные 5/186
- Сетоксидим 1/1026, 1027
- Сетчатые полимеры 4/661, 3, 19, 20, 52–55, 57, 70, 662, 663, 734, 844, 887, 1002; 1/124, 572, 646, 647, 861, 862, 921; 2/286, 465, 628, 629, 701, 1016, 1017, 1132, 1266–1268; 3/35, 54, 282, 418, 419, 742, 743, 745, 838–840, 909, 1121, 1139, 1195, 1196, 1215, 1224, 1232, 1248, 1249, 1251, 1254, 1255, 1268, 1269. См. также *Индивидуальные представители и их группы*
гели 1/1001, 1002
иониты, см. *Ионообменные смолы*
номера 2/516
неорганические 3/418
полиэлектрониты 2/519, 520
эластичные, см. *Резины*
- Сейфадексы 1/1002; 2/31, 1187; 5/813
- Сейфароза 1/417; 2/422; 5/149
- Сечение(я)
захвата нейтронов 2/501; 3/402, 403
ионизация 2/528; 5/331
критическое в десорберах 1/12, 13
поверхности потенциальной энергии 2/917
прилипания электронов к атомам 2/529
рассеяния ионов 2/507, 508
реакций 1/547, 548; 2/124, 192, 509, 754; 3/238–240; 4/870, 871; 5/1022, 1023
свободное тарелок 4/987
- Сеченова уравнение 1/5
- Сжатие. См. также *Давление*, *Сжимаемость*
газов 3/278, 1157, 1158. См. также *Компрессорные машины*
адиабатическое, метод 1/43, 44; 2/754, 880, 881, 1101
лантанонное 1/132; 4/432
- Сжигание 3/1000, 1001, 1056, 1069; 4/320, 321, 615, 616, 634
- Сжиженные
газов 1/204, 205, 904; 2/166–168, 300; 3/278, 653; 5/44, 593, 597, 605. См. также *Конденсация*, *Холодильные процессы*
древесины 2/1165
- Сжимаемость 4/663, 664, 747, 763, 1038; 1/1215–1218; 2/1072; 5/71, 97, 103
- СЖК, см. *Синтетические жирные кислоты*
- СЖТ, см. *Синтетическое жидкое топливо*
- СИ, см. *Международная система единиц*
- Силат 3/615, 616
- Силиадаз 3/397
- Силилтрансферазы 1/980
- Силановые кислоты 1/260, 979, 980; 2/1191; 3/198, 254, 267; 4/215, 1169; 5/37, 605
- Силаногликоксфинголипиды 1/979
- Силанолы 2/734; 3/649, 650; 4/1006
- Сибазон 4/1224, 1225
- Сибирен 4/660
- Сибирскит 2/582
- Сиболон 1/732
- Сивушные масла 1/233, 628, 649, 1024; 2/616; 3/897; 4/570
- Сигаз 4/697
- Сигматронные перегруппировки 4/664, 416, 665, 993; 1/841, 843; 2/410, 628, 1110; 3/350, 607, 939, 964, 1034
бензидиновая 1/490, 1073; 4/664
- Клайзена 2/786, 787; 1/185, 199, 717; 5/60, 905, 1008
- Коупа 2/965, 786, 966, 1253; 1/143, 185, 243, 620; 4/664, 993, 1215, 1216; 5/197
- Майзенахмера 2/1251, 1252; 1/243; 4/867
- Сигнализаторы
горючих газов 4/665, 666; 1/886, 892; 3/1190. См. также *Газоанализаторы*
загорания 4/666, 667, 1080; 3/1190
температурного режима 4/1078
утечи газов 4/667, 668
- Сигнальные графы 1/1199–1201
- Сигнальные составы 4/668, 669, 878, 1246; 2/240, 1084; 3/1011, 1075
- Сигуатоксия 5/1049
- Сидераты 3/789
- Сидерит 2/270, 637, 639
- Сидерофильные химические элементы 1/1015
- Сиджвика правило 2/874; 3/82, 83
- Сидиокарб 4/669, 267–269; 3/29, 675
- Сидионимин 3/28, 29, 673
- Сидиофен 3/29, 675; 4/267, 268, 669
- Сидиниты 4/561; 5/113
- Сидоминин 1/246
- Сидкативы 4/669, 670, 742, 833; 2/602, 603, 648, 1296; 3/305, 749, 750, 1227; 5/73, 749, 962
- Силолак, см. *АБС-пластик*
- Сикрон 1/725; 3/1232–1235
- Сила(ы)
и потоки, соотношения 4/1065–1070
измерение 1/696; 2/219
ионная раствора 2/7; 4/78, 187, 188; 5/153
как градиент величины 4/1065
кислот и оснований 2/783; 5/423, 424
«нулеофильная» 3/602
обобщенная термодинамическая 5/506
осциллятора 2/727
растворителя 4/748
- тока, закон Ома 4/1067
- электровдвижущая, см. *ЭДС*
ядерные 5/1031
- Силабензол 2/1034
- Силаболит 1/290, 291
- Силажаны 2/806, 1014, 1015, 1022; 3/800, 803–805
- Силак, см. *АБС-пластик*
- Силан 2/1009, 1136, 1234; 3/260, 261, 309, 1105; 4/670, 671; 5/16
- Силанольные соединения 2/1013, 1017, 1021, 1022; 3/799, 800, 803, 907; 4/1111; 5/196
- Силаны 4/670, 671, 684, 685; 2/1008, 1015, 1019, 1020, 1234; 3/575, 576, 762; 5/503, 710
- Силар 3/1213
- Силарда-Чалмерса эффект 1/1179
- Силатраны 4/671, 672; 2/1019, 1023, 1024
- Силадиэтилен 2/1019
- Силадициклопропан 5/443
- Силаэтилен 2/1034
- Силикагель 4/672, 131, 132, 134, 360, 654, 673, 725, 834, 928, 1106; 1/52, 62, 344, 345, 754, 897, 1001; 2/13, 19, 188, 294, 297, 323, 326, 339, 446, 519, 608, 1007, 1026, 1028, 1171, 1172; 3/324, 325, 459, 649, 699, 907, 967, 992, 1126; 5/12, 13, 712, 733, 813, 999
- Силикаксерогель 2/1007
- Силикальцит 4/681
- Силикатизаторы 4/673
- Силикатофосфаты 5/253
- Силикаты 4/674, 290, 675–682, 834–838, 841, 842; 2/350, 371, 578, 1008, 1027, 1233, 1234; 3/419, 439; 5/73, 207, 208, 438, 476, 477, 719, 894
глазурь 3/1009
как драгоценные и полудрагоценные камни 4/681
как ионные кристаллы 2/510
как наполнители 3/328
как шлаки 4/346
краски 4/673, 674, 834; 2/982; 5/67
мастики 2/1319
метеоритные 2/963
минералы 2/270, 580, 1287; 3/165, 166, 969; 4/560, 685, 834, 841, 842.
См. также *Алюмосиликаты*, *Слюда*, *Тальк*
номенклатура 3/575
стекла 3/775, 776; 4/834–838, 1224
фторсодержащие, см. *Фторосиликаты*
- Силикоалюминий 2/580, 1010
- Силикоз 2/1010
- Силикокальций 4/685
- Силикомарганец 2/1010, 1287; 4/685
- Силиконы 3/79, 993. См. также *Кремнийорганические полимеры*, *Органо-силиоксаны*
замазки 1/19
каучуки, см. *Кремнийорганические каучуки*
масла, см. *Кремнийорганические жидкости*
мастики 2/1318
- Силикосилленит 4/682
- Силикотермия 2/1287, 1235; 3/88, 89
- Силикофосфат 2/774
- Силикохлорформ 2/1032
- «Силикпор», плиты 2/328
- Силиланины 2/326, 764; 5/241
- Силилены 1/1040; 2/622, 623; 5/443
- Силилирование 4/682; 2/326, 1023; 3/801, 805; 5/279, 629
- Силиловые эфиры 2/326; 3/552, 554
- Силилфосфиты 4/682, 683, 684; 1/3; 3/180
- Силилфосфониты 1/3
- Силильная защита, см. *Силилирование*

- «Силиц» («сил», «силик») 3/575. См. также *Кремний*
- Силициды 4/683, 107, 436, 465, 575, 671, 684, 685, 981–983, 985; 2/670, 734, 1010; 3/76, 88, 89, 165, 166, 334, 575, 649, 777
- Силицирование 3/1101; 4/808; 5/451
- Силенины 1/734, 738
- Силиманит 4/680
- Силовая постоянная молекул 2/852
- Силоксаниды 2/1013; 3/807
- Силоксаны 2/697, 981, 1013, 1021, 1022; 3/799; 5/997, 998. См. также *Органосилоксаны*
- каучуки, см. *Кремнийорганические каучуки*
- смазки 1/64
- Силоксен 2/1218
- Силох 3/1250
- Силумены 1/214; 2/1010
- Сильван 5/429, 434
- Сильванит 2/334; 4/1018
- Сильвестрен 3/58
- Сильвия 1/611, 951, 956; 2/559, 562, 572; 4/555; 5/551, 563
- Сильвинит 1/957; 2/498, 562, 563, 572; 3/863; 4/1024
- Сильногидравлическая известь 2/350
- См... 4/686
- Смезанн 1/193, 1033; 4/1250; 5/979
- Симметризация 4/686, 554, 976; 3/81
- Симметрия
- в неравновесных процессах 4/1067, 1068
- зеркальная спектров, см. *Люминесценция*
- кристаллов, см. *Кристаллы*
- молекул 4/686, 47, 48, 687–693; 1/856; 2/144, 853, 854; 3/208, 232, 233, 391–394, 780, 781, 783; 5/538, 641, 644, 646, 647, 875–877, 883–886
- и рацемизация 4/390
- орбитальная, см. *Молекулярные орбитали*
- топные отношения 4/1211, 858, 1212, 1213; 5/538
- эффекты Яна–Теллера 5/1056, 1057
- нормировки компонентов раствора 1/126
- системы и фазовые переходы 5/103
- Симмонса–Синта
- реагент 4/693
- реакция 4/693, 694; 5/740
- Симона уравнение 3/1092
- Симонии
- комплекс 1/841; 4/157, 158
- реакция 1/592
- Симплатиотические средства 4/694, 695; 3/725
- Симптомиметические средства 1/51
- Син, см. *Анти, син...*
- «Синактен» 3/400
- Синалар 2/959
- Синапниковый спирт 2/1173
- Синаповый спирт 2/1173, 1174
- Синвет 3/1251
- Сингенит 2/570
- Синглетные состояния 1/758; 2/5, 501, 622, 729, 766, 1220–1223, 1239; 3/287, 288, 507, 508, 628, 891; 5/336–339, 345, 350, 351, 355, 442, 443, 446, 458, 459, 812, 882–884, 893
- Синглет-триплетные превращения 1/1158; 5/336–339
- Сингония кристаллов 2/1067–1069, 1071
- Сингулярные точки 2/55, 60; 3/434
- Синдотактические полимеры 2/922; 3/1228, 1232, 1236, 1263; 4/19, 28, 30, 306, 849–852, 857, 887. См. также *Стереорегулярные полимеры*
- Синемет 2/1152; 4/237
- Синергисты 4/695, 243, 338, 574, 594, 699, 816, 817; 1/333, 334, 650; 2/433; 3/1040, 1041; 5/195, 196, 828
- Синерезис 1/1001; 4/886, 888, 889
- Синефунгин 3/595, 596
- Сини(ы)
- вольфрамовая 1/814
- метиленовая 3/113
- молибденовые 3/244
- мышьяково-молибденовая 3/306
- Тенара 2/821
- турбулента 2/272, 565, 566, 1148; 5/703
- Синие красители
- Вюрстера 5/339
- нидофенол 5/530
- К 2/150
- кубовый О 2/439, 440
- метиленовый 2/447; 3/113, 663; 4/633; 5/379
- α-нафтоловый 2/455; 3/536; 5/530
- пигментированные 2/330, 440
- тимоловый 2/447–449, 779, 1216; 3/124; 4/936, 1126; 5/1002
- толуидиновый 1/322
- трифенилметановый 3/1016
- Синизарин 3/706
- Синильная кислота 4/695, 223, 341, 639, 696, 1255; 1/93, 275, 276, 328, 439, 440, 655, 834, 982, 930, 969, 1067; 2/121, 573, 746, 752, 777, 783, 1279; 3/26, 107, 365, 370, 512, 515, 516, 517, 519, 672, 673, 702, 708, 843–846, 1055; 5/43, 142, 224, 433, 588, 702, 704, 706, 710, 793, 794, 1042, 1045, 1053. См. также *Цианистый водород*
- и сопряженное основание 2/782
- изоформа, см. *Изонитрилы*
- соли, см. *Цианиды*
- Синклинальные конформеры 3/571, 572
- Синомени 3/274, 275
- Синперипланарные конформеры 3/571; 5/939
- Синтазы 2/1168
- Синтактные (синтактические) материалы 1/2; 3/902, 903, 909, 1120
- Синтамыды 4/696, 697; 3/686; 5/974
- Синтанолы 3/718; 4/661
- Синтез(ы)
- абиотический 3/788
- абортный 4/1229
- азидный 3/932
- азлактовый 4/1170
- азинобутиновый 4/500
- аминопропиновый 4/500, 501
- асимметрический 1/388, 390, 391, 393; 2/53, 538; 3/25, 84; 4/389, 416, 856, 858; 5/952
- Вильямсона 1/710, 170, 711; 3/817; 5/1008
- Вудворда 5/576–580
- Ганча 1/980, 981; 2/858; 4/1118; 5/713
- Ганча–Бейера 1/980
- Гаттермана 1/982, 199, 201, 487, 948, 983; 2/73, 75, 90, 315, 419; 3/689, 703; 5/224, 449
- гидротермальный 1/1109, 1110, 1220; 2/223, 268; 3/256; 4/1022; 5/252, 680, 755
- диеновый, см. *Диеновый синтез*
- еновый 2/246, 247
- Кюрра 5/526, 527
- компьютерный 2/886; 3/784, 793; 4/512
- Кокрала–Лямпах 5/526
- Матрицы 2/1325, 1326–1328; 1/472; 3/211, 212, 295; 4/19, 398; 5/138, 510
- микробиологический 3/155, 156, 157, 212, 441, 596, 627, 1090; 1/483, 555, 1101, 1123; 2/463, 538, 657, 960, 1176; 4/525
- Мишера 1/457
- на основе СО и Н₂, см. *Фишера–Тропша синтез*
- неорганический 3/342, 415, 416, 421; 2/664
- нефтехимический 3/450
- органический, см. *Органический синтез*
- пептидный 1/138, 231, 482, 994, 1151; 2/6, 629, 1176; 3/139, 915, 931–934; 4/1000–1002, 1136, 1170; 5/1
- Пиннера 3/1027, 1028
- пористых тел 4/132
- Пшорра 4/278, 279; 5/117, 127
- ретроденовый 2/247
- Робинсона 4/528, 529
- самораспространяющийся высоко-температурный 4/574, 575, 685; 1/584, 1169; 2/1261; 3/415, 421; 5/516, 755
- Скраупа, см. *Скраупа реакция*
- стереоселективный, см. *Стереоселективный синтез*
- твердофазный 4/1000, 1001, 1002; 3/146, 147, 591–593, 930, 933, 934
- темплатный 2/1326; 5/385
- термоэлектрический 2/25, 1120, 1128; 3/32, 872; 5/4, 5, 33, 1018, 1020, 1022
- технологических схем разделения смесей 4/459, 460
- Тильмана–Риттера 4/525
- тотальный 3/784
- Фишера–Тропша, см. *Фишера–Тропша синтез*
- Фридлендера 5/369, 370, 526
- химико-энзиматический 1/551, 552
- хиральный 5/538
- хлорофиллов 5/576–579
- цветов, см. *Цветовоспроизведение*
- циангидриновый 2/752
- Штрекера 5/793
- электрохимический, см. *Электрохимический синтез*
- эпитаксиальный 1/389, 1161; 4/535, 854, 855; 5/538
- Эрленмейера–Плехля 1/198; 4/1170
- Синтез-газ 4/697, 100, 500, 526, 701, 702, 705, 1061; 1/375, 877–880; 2/118, 845, 1165; 3/101, 119, 1100; 5/45, 46, 985, 995
- Синтетическое равновесие 2/61; 5/101
- Синтетин 1/1210
- Синтетазы 2/1168–1170
- «Синтетик-палп» 1/623
- Синтетические материалы
- волокна, см. *Волокна химические*
- гранаты, см. *Гранаты синтетические*
- жидкое топливо 4/701, 580, 702–706; 1/640, 1086; 2/597; 5/199
- жирные кислоты 1/863–866, 903; 4/580, 669
- каучуки, см. *Каучуки синтетические*
- масла 4/697, 166–168, 438–440, 698, 726, 1097, 1116, 1237; 1/286; 2/961; 3/86, 277, 378, 1125–1127; 5/28–30
- металлы 2/477; 3/96, 100
- моющие средства 4/698, 286, 699–701, 927–929; 1/656; 2/1177; 3/367, 717, 1167–1169; 5/77, 780, 974
- полимеры 1/858
- смолы, см. *Смолы синтетические*
- Синтокартон 1/624
- Синтоны 1/1199; 2/886; 3/599, 791, 792; 4/511, 512; 5/224
- Синхронные реакции 4/743
- Синхротронное излучение 4/706; 2/499, 502, 1311
- Синьки 3/835
- Синэтрол 1/302
- Сиреневый альдегид 2/1173
- Сириноксил 1/371
- Системы(а)
- автоматические, см. *Автоматизированные методы (процессы)*
- антгармотические 1/376–378
- ароматические 1/375–379
- асимметрические 5/71, 72
- вариантность 5/98, 99
- гетерогенные, см. *Гетерогенные системы*
- гомогенные, см. *Гомогенные системы*
- двойные, см. *Двойные системы*
- диатропные 1/378
- дисперсные, см. *Дисперсные системы*
- единиц, см. *Международная система единиц*
- закртыи, см. *Закртыи системы*
- замкнутые 2/351, 361, 362, 672, 690
- иерархические, см. *Термодинамика*
- 4/1062, 464, 574, 1063, 1064; 5/466, 511
- изолированные, см. *Изолированные системы*
- иммобилизованные, см. *Иммобилизованные системы*
- информационно-поисковые 2/487, 488–490; 5/478, 511
- коллоидные, см. *Коллоидные системы*
- комплетна 1/470; 2/427, 477, 874–876; 3/1098
- конденсационные, см. *Конденсационные системы*
- мёбисовские 1/379
- микрогетерогенные 1/1049, 1158; 2/661
- многокомпонентные, см. *Многокомпонентные системы*
- научных исследований 1/27, 28–30
- иароматические 1/377, 378
- открытые, см. *Открытые системы*
- параметры порядка 5/103, 104
- паратропные 1/378
- полимер-полимерные 4/732–734
- состояние, вероятность 5/957
- спироароматические 1/379
- стереоспецифической нумерации 2/1189
- фотохромные 5/538, 539
- ХТС, см. *Химико-технологические системы*
- хьюкелевские 1/376, 378, 379
- число фаз 5/97–99
- элементов, см. *Периодическая система химических элементов*
- Системный анализ, см. *Кибернетика*
- Снта 1/1205–1207; 2/295; 3/74, 180, 182, 709, 710, 987, 988; 4/611. См. также *Ситовый анализ*
- молекулярные 1/890, 928; 2/27, 339, 504, 1057; 5/680, 681, 977, 980, 996
- Ситаллы 4/706, 333, 334, 681, 707–709, 843; 2/208, 800; 3/418, 420; 5/835
- Ситовая хроматография 2/295; 5/812–817
- Ситовой (ситовой) анализ 4/709, 179, 180, 182, 710, 951; 1/1187, 1205; 2/148. См. также *Классификация*
- Ситостерин 1/300, 301, 1118, 1119; 3/49; 4/381, 859–861, 903, 977; 5/972
- Ситчатые тарелки 4/987, 988; 5/831
- Си-эй 1/615
- Си-эи 5/560, 561
- СК, см. *Каучуки синтетические*
- Скайпрез 5/571, 572

- Скаиднаты 4/711
 Скандий 4/710; 3/165
 галогениды 1/949; 3/354; 4/437, 709–712; 5/862
 гидрид 4/711
 гидроксиды 4/188, 711
 интерметаллиды 1/331; 2/485
 нитрат 4/711, 712
 нитрид 4/711
 оксиды 4/438, 711, 712; 5/861
 определение 1/139, 336, 381; 2/710, 731, 1090; 3/124, 290, 705, 1044; 4/936; 5/619
 органические соединения 1/169; 2/1083, 1147; 4/711, 712
 перхлорат 3/986; 4/712
 получение 2/545; 3/413, 1193; 4/559, 561, 711, 712, 1257; 5/298
 применение 4/712
 свойства 1/331, 1015, 1185; 2/1230; 3/96, 97, 949, 957, 958; 4/349, 431, 432, 437, 710–712, 813
 сплавы 4/712
 сульфат 3/361; 4/712
 сульфиды 4/585
 феррит 5/163
 фосфаты 4/710–712
 цирконат 5/761
 Сканирующая микроскопия, см. *Микроскопия*
 Сканопол 1/261
 Скатол 4/712, 713; 5/1
 СКБ, каучук 1/632, 635; 2/705, 706, 708
 Сквалан 1/918; 2/1172; 4/713
 Сквален 4/713, 381, 744, 860, 865, 1092, 1139, 1140; 2/787; 3/407, 1186
 Скваленсинтетазы 4/713
 Скварат-анионы 3/724
 Скарены 3/724
 СКД, каучук 1/631; 2/705, 706
 СКДЛ, каучук 1/631; 2/705, 706
 СКДЛП, каучук 2/705, 706
 СКДСР, каучук 1/632, 635; 2/705, 706
 Скейлинг 2/1073, 1265, 1266; 4/490
 Скелетные катализаторы 2/664, 669, 670; 4/132. См. также *Ренель никель*
 Скелетные молекулярные модели 3/227
 Скелетные перегруппировки 1/1073; 3/580, 581
 Склетчарда-Гильдебранда теория 4/368
 СКН, каучук 2/375–378, 705, 706
 Скинметин 5/66
 Скин-эффект 4/997
 Склилар(ы) 4/713, 34, 286, 359, 660, 714, 1090–1092, 1094; 1/301, 562, 1175; 2/225, 284, 598, 600–602, 653, 995, 1164, 1165, 1179, 1318; 3/58, 178, 338, 407, 826, 1027; 5/115, 147, 746, 1006
 С-кислота 1/255, 257
 Скарелол 4/715; 1/226; 2/1280
 Склеивание 4/715, 17, 443–445, 582, 716; 2/803–809; 3/436, 437. См. также *Клеи*
 Склерометрия 4/998, 999
 СКМВП, каучук 1/718–720
 СКМС, каучук 1/635; 2/705, 706
 СКН, каучук 1/629; 2/705, 706
 СКН-МВП, каучук 1/718–720
 Скополамин 5/17, 18, 591, 592
 Скордит 1/382
 Скорость
 детонации 2/47
 дрейфовая носителей заряда 4/103
 звука, дисперсия 1/135
 коррозии 1/401; 2/950, 951, 953–955
 охлаждения 4/842
 процессов переноса 3/947–949; 4/1065
 псевдооживления 4/258
 растворения газов 1/8, 9
 реакций 4/716, 415, 430, 431, 717, 718, 871, 1067; 1/4, 18, 121–125, 546–548, 1167, 1168, 1216–1218; 2/23, 286, 388, 691, 753–755, 759, 847–852, 930, 941, 942, 1034, 1326; 3/140, 142, 143, 602, 603; 5/28, 154, 906, 907. См. также *Кинетика химическая*
 – константы, см. *Константы скорости реакций*
 – повышение, см. *Катализ, Катализаторы*
 – торможение, см. *Ингибиторы*
 свободного осаждения 1/1106
 седиментации 4/952
 электроосмотического скольжения 5/848, 850
 «Скор» 2/1192
 СКПО, каучук 2/1192
 Скрап 4/486, 1069; 4/724
 Скраупа реакция 4/718, 719, 720; 1/248; 3/385, 714; 5/526, 558, 713
 Скрубберы 1/9, 899, 906, 907; 2/613, 630; 4/282, 283, 285, 286; 5/24, 25
 СКС, каучук 1/635; 2/705, 706
 СКС-МВП, каучук 1/718–720
 СКТ, каучук 2/707, 708
 SKU, каучук 2/707, 708
 Скутерудит 2/819
 СКФ, каучук 2/707, 708
 СКЭП, каучук 2/705, 706
 СКЭПТ, каучук 2/705, 706
 СКЭХГ, каучук 2/707, 708
 Сьюлла-Йоргенсена уравнение 5/72
 Слабительные средства 4/720, 721; 2/347, 660, 690; 5/140, 143, 1015
 Слабогидравлическая известь 2/350
 Слабоминерализованные воды 1/768
 Слабоспекающиеся угли 2/847
 Сланцевые материалы
 волокна 2/327
 зола 2/348
 мазут 2/965
 масла 1/337; 2/606, 965
 смолы 1/880, 1177, 1178; 3/563, 634, 703
 Сланцы 4/674, 684
 битуминозные 1/673
 горючие, см. *Горючие сланцы*
 кристаллические 1/1189
 медистые 4/466
 Слеживаемость 1/1110; 2/563, 869; 4/138, 833, 887
 Слейтера (Слэтера) орбитали 3/232, 783; 4/691
 Слейтера-Кирквуда уравнение 2/147
 С-лек В 3/1223, 1224
 Сливочное масло 2/105, 306
 Слизевая кислота 3/1079
 Слизы 3/896
 Слитный катализ 2/662, 663
 Сложнолегированные стали 2/261
 Сложно-смешанные удобрения 2/869
 Сложные реакции 4/721, 149, 150, 414, 717, 722, 723, 768; 1/124; 2/689, 753–756, 759; 3/140, 141, 1177, 1178; 5/179
 Сложные удобрения 2/869, 870; 3/172, 173, 519–521, 564, 565, 856
 Сложные эфиры, см. *Эфиры сложные*
 Слоистые материалы 2/1318; 3/164, 282; 4/46, 1175
 графитовые, см. *Графит, соединенный*
 как полуметаллы 4/101, 102
 каменноугольный кокс 2/839
 клатраты 2/798
 композиты 2/878, 879. См. также *Пластики слоистые*
 лакокрасочные покрытия 2/1129, 1131
 магнитомягкие 2/1241
 полупроводники 4/105, 106
 радиопоглощающие 4/332
 сверхпроводники 4/585–587
 силикаты 2/371; 4/678, 723, 724, 977, 978; 5/894. См. также *Слюда, Тальк*
 токопроводящие 3/335
 циклофаны 5/743
 Слокума камень 2/222, 223
 Слотера 4/87
 Слюды 4/723, 556, 673, 674, 678, 679, 680, 706–708, 724, 972, 1007, 1039, 1116; 1/221, 563, 1018; 2/48, 208, 270, 559, 1245; 3/164, 328, 636, 646, 724, 774, 907, 1075, 1193; 5/143, 386, 654
 Смазки
 авиационные 3/1125, 1126
 автомобильные 3/1125, 1126
 алюминиевые 3/1125
 антифрикционные, см. *Антифрикционные смазки*
 ВНИИ НП 3/1126
 графитовые 1/1192
 железнодорожные 3/1125, 1126
 индустриальные 3/1125, 1126
 канатные 2/601; 3/1125–1127
 карборансодержащие 2/649
 консервационные 2/900, 901; 3/1125–1127
 консистентные 3/1122
 космические 2/961; 3/1125, 1126
 металлоплакирующие 3/84–86
 морские 3/1125, 1126
 мыльные 3/303, 304, 1124, 1125
 пигментные 3/1125
 пластичные, см. *Пластичные смазки*
 полимерные 3/1125, 1126
 приборные 3/1125
 приработочные 3/1127
 присадки, см. *Присадки к смазочным материалам*
 пушечная 2/901; 3/1125
 радиационностойкие 3/1123, 1125, 1126
 структурные 4/1007
 твердые 4/1007, 725, 727, 728, 978, 1008, 1115; 1/1194; 2/477; 3/243, 378
 техникологические 4/1115, 1116
 углеводородные 3/1125. См. также *Вазелины*
 уплотнительные 5/67–69
 уретные 3/1125
 фрикционные 3/1127
 химически стойкие 3/1123, 1125, 1126
 целлюлозные 3/1125
 ЦИАТИМ-205 3/1125
 Смазочное действие 4/724, 725
 Смазочно-охлаждающие жидкости 4/725, 726, 728, 977, 1113; 2/146, 858, 861; 3/84, 86, 303, 378; 5/25, 949
 Смазочные масла 4/726, 727; 1/630; 2/168, 629, 648, 1005, 1274; 3/441–443, 445, 448, 466, 918, 1111
 базовые 2/168, 595; 3/459; 4/727
 гиподные 3/472
 индустриальные, см. *Индустриальные масла*
 кабельные 3/446
 компрессорные 2/880
 конденсаторные 2/208, 363; 3/446, 1245
 коррозионная активность 1/630
 моторные, см. *Моторные масла*
 нефтяные, см. *Нефтяные масла*
 очистка, см. *Нефтепродукты*
 приборные 4/166, 167, 168; 1/52; 3/1125
 приработочные 4/171; 3/1127
 присадки, см. *Присадки к смазочным материалам*
 синтетические, см. *Синтетические материалы*
 технологические 4/726, 1115, 1116
 трансмиссионные 4/1237, 726; 2/310, 900
 трансформаторные 2/363, 676, 981; 3/446, 697; 4/1116
 турбинные 5/28, 29, 30; 1/334; 2/676
 фракционный состав 3/446
 энергетические 4/726
 Смазочные материалы 4/727, 728
 масла, см. *Смазочные масла*
 металлоплакирующие 3/84, 85, 86, 1125–1127; 4/173, 727, 1256, 1257
 присадки, см. *Присадки к смазочным материалам*
 смазки, см. *Смазки*
 смазочное действие 4/724, 725, 726
 СОЖ, см. *Смазочно-охлаждающие жидкости*
 технологические 4/1115, 594–596, 726, 1116; 3/466
 химмотология 5/516, 517
 Смайлса перегруппировка 4/728, 729, 933; 2/534; 3/555
 Смалята 2/821
 Смалятин 1/384
 Смачивание 4/729, 730; 2/1182; 3/1173, 1174; 5/974
 и капиллярная конденсация 2/607, 608
 и кипение 2/761
 и когезия 2/833
 и мицеллярные системы 3/185
 и моющее действие 3/282
 и растекание воды 5/392, 393
 и расширяющее давление 4/345
 и флотация 3/1168
 и электрокапиллярность 5/845
 и эффект Ребиндера 5/171
 переменное, коррозия 2/956
 средства 1/139; 2/860; 3/376, 716, 717, 992, 1119, 1163, 1166; 4/189, 726, 919, 928, 1012
 углы, см. *Красные углы смачивания*
 фотоматериалов 5/453
 Смачиватели, см. *Смачивание*
 Смектические жидкие кристаллы 2/287, 288, 1072; 5/102, 103
 Смесевые материалы
 взрывчатые вещества 4/730, 135, 161, 162, 731, 732, 1099; 1/608, 706; 2/467; 3/360, 988, 1020; 5/560, 986
 катионные красители 2/700
 нераздельнокопирующие, см. *Азеотропные смеси*
 полимерные, см. *Смеси полимеров*
 ракетные топлива 4/342
 Смеси 1/707; 2/146, 515; 4/272, 735–737, 1052
 Смешанные квантовые состояния 2/719, 726
 Смешанные соединения
 ангидриды карбоновых кислот 1/299, 442; 2/402, 645; 5/10
 ингибиторы коррозии 2/435
 катализаторы 2/682
 кислотно-основные индикаторы 2/447, 448
 меченые соединения 3/148
 соли 4/745, 746; 5/551, 552. См. также индивидуальные представители
 Смешанные удобрения 2/869, 870; 3/172, 173
 Смешение
 аппаратура, см. *Смесители*
 жидкостей, молярные функции 4/363–365, 370
 – правила 5/71
 – температуры 2/61; 4/370

- твердых сыпучих материалов 4/735, 19, 136, 176, 733, 734, 736, 737; 2/869, 870; 3/144, 172, 173, 940, 1013, 1076
- энтальпия 5/954
- Смита реакция 4/737, 738
- Смигит 2/1293
- Смиллаген 4/577
- Смирновой-Викторова уравнение 5/72
- Смита расщепление 4/37
- Синта-Эварта теория 5/950
- Синтит 2/266, 797
- Синтсонит 2/637, 639; 5/746, 748
- Смог 1/446; 3/975, 978, 979
- Смокед-шнтс 2/703; 4/444
- Смолесто-асфальтеновые вещества 1/1106-1108; 2/6, 32, 168, 169, 1251; 3/327, 457, 458, 465, 472, 838, 864; 4/1058-1060
- Смолокурение 3/1059
- Смолюховского уравнение 1/448; 2/126, 817; 4/297; 5/850
- Смоли(а)
- безионная 1/511, 495, 510
- гваяковая 2/336
- древесная 2/226, 227, 375, 1165; 1/1101; 3/893, 894, 1059, 1060; 4/771
- каменноугольная, см. *Каменноугольные продукты*
- каури 4/359
- кокосовые 2/841; 4/701, 702
- натуральные 4/738, 739
- нейтральная лигнинная 2/284
- первичная 1/627, 1177; 4/100, 101
- пирилизная тяжелая 3/894
- препарированные 3/895
- прирольные 4/738, 739, 1089; 2/1113; 3/164, 1139; 5/126, 835. См. также *Бальзамы, Смоляные кислоты*
- синтетические, см. *Смоли синтетические*
- сланцевые 1/880, 1177, 1178; 3/563, 634, 703
- сосновая 4/771, 1202; 3/826, 1059
- стиракс 4/868
- терпеновые 4/1089, 715
- ферулы воиочей 4/495
- Смоли синтетические 4/739, 738; 3/839, 840
- алкидные, см. *Алкидные смолы*
- алкил(арил)феноло-формальдегидные 1/156, 157, 163, 634, 645, 646, 847; 3/568
- алкилфеноло-формальдегидные 1/645, 646, 847
- амино-альдегидные 1/261, 262, 1209; 2/1014; 3/646
- амино-формальдегидные 1/807; 3/1139, 1140; 4/661
- аминофосфоновые 4/613
- анилино-формальдегидные 1/307, 308, 807; 2/1298; 3/327
- ацетальная 4/63, 64
- влагоупрочняющие 4/86
- «водное число» 3/35
- водоразбавляемые 1/153
- высыхающие 1/153, 157
- глифталевые 1/150, 153, 1145, 1146; 5/213, 377
- гуанамин-формальдегидные 1/1209, 517; 3/282
- диаионые 5/961-964
- дицианолаидо-формальдегидные 2/205, 236
- минноднатеатная 2/1171
- инден-кумарононовые, см. *Кумароно-инденонные смолы*
- ионогенные, см. *Ионообменные смолы*
- как олигомеры 3/742-745
- карбамидные 3/281, 282, 743, 1264, 1265
- карбамидо-формальдегидные 2/1228; 3/281, 282, 839. См. также *Мочевинно-формальдегидные смолы*
- макроресетчатые 2/1268
- маслорастворимые 1/156, 157
- меланиновые, см. *Меланино-формальдегидные смолы*
- моно- и полифункциональные 2/520
- невывсыхающие 1/153
- нефтеполимерные 3/444, 445, 750; 4/1090
- нефтяные 3/466, 446, 447, 467; 1/398; 2/1276
- новолачные 3/568, 911, 912, 1212; 1/156; 4/165, 446, 668; 5/134
- пентафталевые 1/150
- перхлорвиниловые 3/991, 1139, 1140, 1235, 1236
- полиэфирные, см. *Полиэфирные смолы*
- резольные 4/445, 165, 928; 1/156, 157; 2/803, 804; 3/568, 911, 912, 1232; 5/134
- резорцино-альдегидные 4/448, 449, 450, 613; 3/327, 568; 5/135
- стопроцентные 1/156, 157; 5/134
- терпеновые 4/1089, 1090; 3/1027
- уралкидные 5/72, 73
- фенольные 1/2; 4/1089. См. также *Феноло-альдегидные смолы, Феноло-формальдегидные смолы*
- фурановые 5/429, 134, 430, 431, 434; 3/1264, 1265; 4/1013
- эпоксидные, см. *Эпоксидные смолы*
- этрифталевые 1/150
- Смоли 3/826
- Смоляные соединения
- кислоты 4/739, 738, 740-742, 771, 868, 903, 977, 1092; 2/15, 18, 283, 284, 378, 602, 1149; 3/301, 826; 5/951
- спирты 1/511
- СМС, см. *Синтетические моющие средства*
- Смысловые графы 1/201
- Снотворные средства 4/742, 240, 743, 773, 812, 1226; 2/439, 1275; 5/84, 115, 520, 973
- Сноутен 4/993
- Соапсток 4/743; 5/551
- Собирательная рекристаллизация 3/1172
- Совершенный изоморфизм 2/370
- Совнолы 3/1228
- Совместное восстановление 2/1154
- Совол 4/172
- Согласованные реакции 4/743, 176, 405, 416, 744; 1/841-843; 2/755
- первичные, см. *Перициклические реакции*
- сигматронные, см. *Сигматронные перегруппировки*
- сикронные 4/743
- стереоспецифические 5/737, 738
- фотохимические 4/744; 5/737
- фрагментация 5/365
- циклоприсоединение 5/736, 737
- электроциклические 3/938; 4/420
- Сола 1/735, 972; 2/584, 587, 639, 640, 709, 938, 1096; 3/351, 362, 847, 1000; 4/681, 757, 1020; 5/45, 467, 985
- кальцинирование 2/348; 3/304, 856, 863, 1000, 1068. См. также *Натрий, карбонат*
- каустическая 3/856, 863. См. также *Натрий, гидроксид*
- питьевая (пищевая) 3/356-358
- Содалит 1/1110
- «Содимеры» 3/914
- Содовые материалы
- известь 2/348
- стекло 4/842
- Содовые методы
- варка целлюлозы 2/1164
- газоочистка 1/900, 901
- Соевые продукты
- жир 2/303
- масло 4/744, 377-381, 383; 1/1085; 2/83; 3/395, 741, 750, 1116, 1210
- СОЖ, см. *Смазочно-охлаждающие жидкости*
- Сождение 2/1024; 4/549
- Созревание
- вискозы 1/731
- фотоэмульсий 5/323
- Соямобилизованные ферменты 5/149
- Сокабутил 1/645-647
- Сокатализаторы, см. *Промоторы*
- Соколова теория 3/457
- Сокоденсация 2/642, 1035, 1148; 4/554
- Сокристаллизация 4/760-762, 1006
- Соланезол 5/34
- Соланидин 4/862
- Соласодни 1/1048; 2/30, 959
- Солатриоза 3/747
- Солевая масса, см. *Многокомпонентные системы*
- Соледоны 2/1097
- Солемеры 2/895
- Соленые воды 1/768
- Соли(ы) 4/744, 79, 187, 188, 720, 745, 746; 1/1049; 2/778, 783, 784; 3/888. См. также *индивидуальные представители*
- АГ 1/988; 3/1208
- Ангели 3/508
- Бендера 4/1153
- бензопирилия 1/522, 517, 518, 523, 524; 3/1048
- бертолетова 2/239, 443, 584; 5/560
- Бломстранда 2/572
- Бунте 2/171, 178; 4/1134, 1139, 1149, 1150
- внутренние 1/1149; 2/72; 3/951; 4/745; 5/440
- Вокелена 3/872
- выварочная 3/369
- Вюрстера 5/124
- глауберова 2/1097; 3/347, 361, 362; 5/675
- горькая, см. *Эксонит*
- Грема 3/367
- диазионы, см. *Ариадиазионы соли*
- Диазония соли
- диоксигенилы, см. *Диоксигенильные соединения*
- дитиоло 2/178, 179; 4/634, 930
- иминные 2/418, 419, 421, 1280; 1/200, 201
- калийные 1/957, 972, 1174, 1175; 2/562, 563, 570, 870; 3/172, 635; 5/207, 208
- каменная 1/956, 957, 347, 369, 774
- кисличная 5/795
- кислотные, см. *Кислотные соли*
- Курроля 3/367, 368; 5/247
- Мадрелла (Мадрелла) 3/367, 368; 5/247
- Макки 1/48; 5/903
- Мора 2/264, 272; 5/610
- морская 2/19
- номенклатура 3/576, 577
- определение 2/895, 896
- основные 1/1097; 3/504, 577; 4/744, 904, 943
- пиридиния, см. *Пиридиния соли*
- пирилия, см. *Пирилия соли*
- пищевая, см. *Натрий, хлорид*
- поваренная 3/161, 304, 369, 412, 863
- полимер-полимерные 4/19
- простые 4/744-746
- расплавы 4/345, 346, 359, 1050; 5/864, 923
- Рейнке 1/133, 284; 3/711
- салочная 3/369
- самосадочная 1/956, 957; 3/369
- смешанные 4/745, 746; 5/551, 552
- СГ 1/988
- сегнетова 3/256; 4/284, 608
- «серебристая» 1/355
- сульфония, см. *Сульфонеиые соединения*
- техническая 3/369
- тиопирилия 4/1144, 634, 930, 1121, 1143, 1145; 2/65
- тропилия, см. *Тропилия соединения*
- Фишера 2/821, 822
- фосфония, см. *Фосфонеиые соединения*
- Фреми 3/543, 544, 706, 707, 825, 952; 4/301; 5/534, 535
- Цейзе 2/930; 3/1130
- четвертичные, см. *Четвертичные соединения*
- Солидолы 4/746, 747; 1/345; 2/1209; 3/1125
- Солидоны 2/1095
- Солидус, линии 2/58-60, 255, 256; 4/1002-1004
- Солидоты 2/1097
- Солнечные устройства
- батарей 4/118, 707; 5/363, 385, 859
- печи 3/999
- «Солнечный ветер», плазма 3/1095
- Солод 1/232; 3/747; 5/995
- Солоноватые воды 1/768
- Солоухомовый черный Т 2/451
- Солпрен 1/631, 635
- Сольвары 3/1228
- Сольватация 4/747, 360, 361, 372, 375, 376, 748, 749; 1/1076, 1216-1218; 2/55, 120, 302, 527
- в водных средах, см. *Гидратация*
- и барометрические процессы 3/40
- и диссоциация 2/158; 5/856-859
- и жидкостная экстракция 5/827
- и изомерия 2/930
- и ионные пары, см. *Сольватно-разделенные пары*
- и ионный обмен 2/504. См. также *Растворы электролитов*
- и компенсационный эффект 2/868
- и карбанионы 2/620
- и кислотно-основное взаимодействие 2/780-782
- и константы равновесия 2/902
- и конформации реагентов 2/912, 913
- и координационное число 2/920; 4/747
- и люминесцентное действие 2/1181
- и люфилность 2/1182
- и межфазные скачки потенциала 3/22
- и молекулярность реакции 3/211
- и низкотемпературные превращения 2/1034
- и одноклеточный перенос 3/651, 652
- и протонирование 4/244
- и растворимость 4/356, 357. См. также *Сольватокислоты, Сольваты*
- и скорость реакции 1/548
- и сольватотропия 4/749, 751, 752
- и эффект Коттона 5/545
- неравновесная 4/404-411, 423, 748
- неспецифическая 4/748
- свободных радикалов 4/301, 302
- селективная 4/748
- специфическая 2/912; 4/748
- функция 4/365
- электрона, см. *Сольватированный электрон*
- Сольватированный электрон 4/749, 292, 297, 750, 751; 5/356, 364, 859, 869

- Сольватно-разделенные ионные пары 2/511, 698, 1203; 3/349
- Сольватоккомплексы 2/579, 840, 1236; 4/752
- Сольватохромиа 4/751, 749, 752
- Сольваты 4/752, 745, 747; 2/55, 505. См. также Гидраты, Сольватация, Сольватоккомплексы
- Сольвенты 4/753; 1/1175; 2/593, 594, 778, 846, 995, 1101; 3/466
- Сольвент 1/725; 3/1232–1235
- Сольволиз 4/753, 37, 1226; 1/441; 2/622, 623, 758, 942; 3/506; 5/365, 580, 927
- Сольвомеркурирование 4/553
- Сольва(е) способ 3/356; 5/45, 467
- Сольполак 4/28
- Сольфатерит 2/731
- Сольюбилизация 4/753, 36, 555, 725, 726, 770; 2/84, 646, 1177; 3/184, 283, 717
- Солосульфид 4/934
- Солосурьмин 4/239
- Солотизон 4/241, 242, 1149
- Соляная кислота 4/753 как фиксанал 5/181 концентрированная 3/527, 1038; 5/8, 160, 655 коррозионная активность 2/948, 949 определение 2/293, 896, 1108 получение 1/770, 1099; 2/397, 507; 3/113, 114, 362, 412; 4/755–757, 1205; 5/553, 559 применение 2/770, 1173; 4/757 разбавленная 1/630; 3/390; 5/569 свойства 1/191, 738, 744, 771, 786, 938, 944, 948, 953, 1092, 1100, 1116, 1122; 2/8, 10, 16, 18, 75, 199, 204, 222, 252, 452–454, 709, 711, 745, 777, 779, 783, 809, 810, 864, 983, 1130; 3/70, 79, 99, 125, 282, 380, 381, 482, 530, 536, 538, 539, 561, 870, 1046, 1079; 4/169, 632, 633, 745, 753–755, 838, 903, 931, 943, 982, 1019, 1102, 1122, 1124, 1164, 1166, 1167, 1204, 1269; 5/1, 131, 136, 160, 200, 375, 534, 568, 608, 750, 827, 901, 961
- Соляные породы, см. Галогенные породы
- Сольаризация 5/329, 457
- Соларное масло 2/845; 4/101
- Соматокринин 4/757, 759
- Соматолитерин 4/757, 759
- Соматомаммотропин 3/1134, 1135
- Соматостатин 4/757, 758, 759; 3/400; 5/121, 768
- Соматотропин 4/758, 189, 1172; 1/291, 747, 1172; 2/695; 3/1134, 1135 рилизинг-фактор 4/757, 759 – гормон 4/757–759
- Соматотропный гормон 3/578; 4/757–759
- Соммле реакция 4/759, 760, 913, 1200; 1/199, 201, 990; 2/621
- Сомономеры 3/122, 123, 127, 257; 4/844
- Сонотоминесценция 5/59
- Сонохимия 5/59, 509
- Соосаждение 4/760, 335, 395, 761, 762, 1006; 2/675, 916, 1254; 3/57, 420, 583, 584, 819; 5/102, 128, 656, 749, 833, 896
- Соответственных состояний закон 4/762, 763, 1040; 1/727; 2/299; 5/71
- Соответствия принцип, см. Квантовая механика
- Сопловые устройства 2/1281; 4/347, 348, 383–386
- Сополиконденсация 4/763, 60, 764; 2/701; 3/54, 201, 257, 1254, 1257. См. также Соплимеры
- Сополимеризация 4/764, 28, 54, 63, 95, 202, 734; 1/858; 2/93, 701, 1267, 1272; 3/54, 257, 1265, 1269; 5/571 в растворе 3/192 гидролитическая 2/1010 и иммобилизация ферментов 2/422 и макроадикалы 2/1268 и матричный синтез 2/1326 и модифицирование полимеров 3/201
- нонная 2/284; 4/764, 1087 катализаторы 2/673 продукты, см. Соплимеры радиационная 4/293 радикальная 2/284; 3/1198; 4/40, 306, 764; 5/983 стереорегулярная 4/850 ступенчатая 4/1088 суспензионная 2/520 твердофазная 4/1000 эмульсионная 2/631; 4/40; 5/397
- Сополимер-винилхлоридные лаки 4/764, 765; 1/725
- Сополимеры 4/765, 763, 764, 766, 844; 1/858; 2/520; 3/1139, 1140. См. также индивидуальные представители акриловые, см. Акриловая кислота, Акрилонитрил альтернативные 1/204, 630, 1200; 2/921 блочные, см. Блоксополимеры бутенов 2/922; 3/9, 740; 4/23 виниловые, см. Винилацетат, Винилхлорид, Винилпиридины, Винилхлорид водные дисперсии, см. Латексы синтетические дивиниловые, см. 1,3-Бутадиен диеновых углеводородов 2/520, 701, 1267; 3/257, 734; 4/766
- номеры 2/515, 516; 4/2, 56, 1087 как флокулянты 5/203, 204 макропористые 2/1267 малеиновой и фумаровой кислот 1/725; 2/516; 4/765; 5/204 метакриловые, см. Метакрилаты, Метакриловая кислота неомонизованные 2/516 нерегулярные 1/858; 4/765 получение, см. Сопликонденсация, Соплимеризация привитые, см. Привитые сополимеры пропиленовые, см. Пропилен, Пропиленоксид регулярные 1/858; 4/765 сетчатые 2/701, 1266 статистические 1/287, 724, 725; 2/699; 3/1230, 1260; 4/31, 40, 764, 765, 844 строльные, см. Стирол ударопрочные, см. АБС-пластик этиленовые, см. Этилен, Этиленоксид
- Сополиэфирные волокна 4/87, 90
- Сопряжение связей 4/766, 23, 126, 516, 766, 767; 2/245, 246, 919, 967, 975, 978, 980, 984, 1086, 1109, 1110, 1157, 1273; 3/10, 27–30, 1242, 1243, 1245, 1246; 5/21, 148. См. также Диеновые углеводороды
- Сопряженные кислоты и основания 2/780–782; 3/830
- Сопряженные реакции 4/767, 177, 419, 420, 768; 1/18, 31, 43; 2/753, 756, 876, 877, 967, 1093, 1170; 3/46, 669, 672, 673
- Сорастворители 5/901
- Сорбаты 4/770
- Сорбенты 2/294, 339, 426, 477, 503, 505, 514, 519–521, 608, 1171, 1172, 1267; 3/459, 662, 663; 4/392, 770; 5/172, 812–817. См. также Абсорбенты, Адсорбенты
- Сорбиновая кислота 4/768, 769; 1/337, 338; 2/634, 726, 785, 1081, 1082; 3/126, 711, 1088
- Сорбиновый альдегид 1/718
- Сорбит 4/769, 31, 202; 1/745, 1101, 1154, 1155; 2/277, 1078, 1164; 3/271, 719, 1090; 5/37, 375
- Сорбитали 4/769, 770; 3/1089, 1165, 1166
- Сорбитаны 4/770, 769
- Сорбитол 4/769
- Сорбитон 3/1166
- D-Сорбит-6-фосфат 3/615, 616
- Сорбоза 1/745, 1147; 3/264
- Сорбитивы 4/770
- Сорбция 4/770; 1/4, 63; 2/515, 991, 1300; 3/343, 344, 420, 835; 5/620–625, 816 в звуковых полях 5/62 жидким поглотителем, см. Абсорбенты, Абсорбция и конденсация, см. Капиллярная конденсация как концентрирование 2/916 твердым телом, см. Адсорбенты, Адсорбция окклизация 1/4; 4/760, 770 с химической реакцией, см. Хемосорбция
- Соре полоса 4/145; 5/574 эффект 2/196
- Сортировка 1/621; 2/789; 3/630, 635
- Сортовой анализ 2/1218
- Сосиновые продукты масло 2/1165; 3/1027; 4/715, 771, 1091; 5/138, 208, 438 смола 4/771, 1202; 3/826, 1059
- Сосудорасширяющие средства 2/86; 3/357, 487, 507, 567; 4/1103, 1194; 5/146, 997
- Сотеломеризация 4/1026
- Сотопласты 4/771, 772; 1/623; 3/1121
- Соудена-Фишера реакция 1/316, 1162
- Сотроптин 2/731
- Сохранение барийного заряда, закон 5/1020 массы, закон 4/772, 773, 866; 3/412; 5/106, 349, 508 орбитальной симметрии 3/964 энергии, закон 4/772, 773, 825; 1/1046
- Спазмолитики 4/773
- Спазмолитические средства 4/773, 774, 775, 861, 1193, 1194, 1254; 2/86, 399–401, 1322; 3/1029; 5/143, 592, 1001
- Спайер катализаторы 1/1108, 1109
- Спайность минералов 3/166, 167
- Спанбон 4/88
- Спандекс 4/49, 50
- Спандэвен 4/49, 50
- Спанстрон 4/27
- Спартеин 5/524, 525
- Спейсеры 2/422, 1324
- Спекание 4/775, 139, 141, 142, 615, 681, 685, 709, 1010, 1020, 1173; 1/216, 343; 2/51, 53, 197, 201, 339, 582, 733–735, 737, 949, 950; 3/146, 244, 330, 351, 421, 492, 510, 1068, 1172, 1174; 5/382 и обжиг 3/1000, 1001 и порообразование 4/133 и смячивание 4/730 полимеров, см. Полимерных материалов переработка
- Спектральные цвета 5/645, 646, 652, 653
- Спектральный анализ 4/775, 467, 470, 480, 776–780; 1/414; 2/291, 712, 1010; 3/8, 209, 413; 5/172, 610, 762. См. также Спектроскопия, Спектры атомный, см. Атомные методы анализа
- локальный 4/777; 5/878–880 люминесцентный, см. Люминесцентный анализ массовый, см. Масс-спектрометрия молекулярно-абсорбционный 5/334, 335 пламенный, см. Фотометрия пламени приборы 4/779. См. также Спектрографы, Спектрометрия рентгеновский, см. Рентгеновские методы анализа фотометрический, см. Спектрофотометрия, Фотометрический анализ химический 2/562, 1235; 4/550, 777, 779 электронно-зондовый 5/878–880 эмиссионный, см. Эмиссионный анализ
- Спектрографы 2/623, 1202, 1309; 4/778
- Спектрометрия 2/492, 493, 507, 508, 867; 3/65, 431, 654, 655; 4/180, 471, 481, 778, 779 атомно-абсорбционная 1/408–410; 5/610 атомно-флуоресцентная 1/410, 411 быстрого сканирования 2/623 ионного циклотронного резонанса 5/741, 742 высокого разрешения 1/836 массовая, см. Масс-спектрометрия микроволновая 3/158 Фурие 5/435, 436 энергетических потерь электронов 5/873
- Спектрополяриметры 5/540
- Спектроскопия 4/780. См. также Спектральный анализ, Спектры абсорбционная 1/3, 4, 408; 2/56; 3/220, 230, 768; 4/775, 785, 1033 акустическая 1/135, 136 гамма-метод 3/64–68. См. также Гамма-абсорбционный анализ излучательных квантовых переходов 2/726–729 ИК, см. Инфракрасная спектроскопия импедансная электрохимическая 5/919 кинетическая 1/4 лазерная, см. Лазерные методы мессбауэровская 3/64, 65–68, 141, 225, 229, 230; 2/293, 727; 5/1016, 1017, 1023, 1033 метод(ы) внешнего и внутреннего стандартов 4/472 – EXAFS 4/471 микроволновая 3/157, 158; 4/334, 884 нейтронная 3/404 оже 3/654, 209, 230, 655; 2/905, 1104, 1212, 1213; 5/878, 941 оптическая, см. Оптические методы, Спектрофотометрия отражения 4/780, 781–783; 3/220; 5/335 пороговых потенциалов 5/878 радиочастотная, см. Радиоспектроскопия рамановская 2/864–867 рассеяния ионного 2/507, 508, 1212 – когерентного 3/141 – комбинационного 2/864, 712, 728, 865–867, 1213; 1/836; 3/220, 459; 4/882 – обратного ядерного 2/507, 508 – резерфордского 2/507, 508, 1212 резонансная, см. отдельные методы Резонанса релаксационная 5/1029

- рентгеновская, см. *Рентгеновские методы анализа*
УФ, см. *Ультрафиолетовая спектроскопия*
фотоионизационная 5/331
фотон-корреляционная 3/163
фотоэлектронная, см. *Фотоэлектронная спектроскопия*
Фурье, см. *Фурье спектроскопия*
характеристических потерь энергии электронов 2/1213; 5/878
электронная 5/360
- Спектрофотометрия** 4/783, 395, 436, 550, 467, 775, 779, 780, 782–786, 880, 935, 1001, 1113, 1209; 1/3; 2/44, 45, 430, 431, 492, 493, 550, 562, 634, 861, 1090, 1231, 1235, 1287; 3/113, 124, 220, 268, 425, 440, 471, 796–798, 1134; 5/23, 34, 64, 93, 148, 149, 173, 202, 334, 335, 423, 554, 656, 719, 723, 762, 817, 856, 885, 942
- Спектры** 4/780. См. также *Спектральный анализ*, *Спектроскопия*
атомные 1/412, 405, 408, 409, 413, 414; 2/1121; 4/587, 776, 789; 5/640
вращательные, см. *Вращательные спектры*
деградации излучения 2/501
колебательные, см. *Колебательные спектры*
континуумы 3/189, 190
кругового дихроизма 5/540–542, 546
линии 2/328–330; 4/472
молекулярные, см. *Молекулярные спектры*
полосатые 5/884
резонансные, см. *отдельные методы Резонанса*
сенситизация 2/37; 4/624–626
серии 1/413
тонкая структура 4/587
электронные, см. *Электронные спектры*
энергетическая яркость, см. *Пирометры*
- Спермацет** 1/825, 826; 3/876; 5/1009
Сперматовое масло 1/826; 4/172
Спермидин 1/39; 2/81; 4/520
Спермин 1/39; 2/81; 4/520; 5/1039
Сперрилит 1/384; 3/304, 1128, 1132
Спесодельта 2/323, 324
Спиловер 4/786
Спин(ы) 4/786, 770, 787–790; 2/1238, 1239, 1244
аддукты 4/795, 796
валентность 3/390; 5/461
взаимодействия, см. *Спиновые взаимодействия*
волны 4/575, 789
диффузия 5/104
и принцип Паули 3/892, 893; 4/787
и фазовые переходы 5/103, 104
и химическая поляризация ядер 5/458, 459
квантовое число 1/404, 791; 2/718, 719, 721, 727
конверсия, см. *Клетки эффект. Радиальные пары*
ларморова прецессия 3/31
методы, см. *Спиновые методы*
парамагнетизм 3/881, 882
плотность, см. *Электронная плотность*
продуктов реакций 2/1238, 1239
процессы, см. *Спиновые процессы*
связи, случаи Хунда 4/797
функции 4/787
элементарных частиц 3/31; 4/826; 5/868, 930, 931. См. также *Электроны*
- Спинакан** 4/713
Спинакан 4/713
- Спиновые взаимодействия**
обменное 3/31
орбитальное 4/796, 122, 587, 797; 1/405, 413; 2/148, 321, 721, 723; 3/232, 287, 288; 5/352, 458, 640, 641, 881, 884, 888
релаксация 3/31; 4/463, 663, 794, 795, 797; 5/887
спиновое 4/797, 587, 795, 798; 2/330, 723, 1170; 5/352, 460, 1026
фононное 4/585, 789, 996; 5/742
- Спиновые методы**
зонда 4/790, 304, 791–793; 2/1184, 1185, 1187, 1190; 3/545, 546
ловушек 4/795, 304, 796, 1123; 2/754; 3/541, 546, 549
меток 1/42; 2/1190; 3/545, 546; 4/304, 790–792; 5/270
эха 4/793, 334, 794, 797; 5/893, 1027
- Спиновые процессы**
горение 1/1169, 1171
детонация 2/47
«распад» зародышей 2/318
- Синиодаль** 2/316
Спинохромы 3/706
Спиральные устройства 2/790, 791; 3/44, 630
Спиросоединения 4/798, 504, 505, 577–580, 766, 798–800, 938; 1/141, 379; 2/181, 277, 363, 367, 398, 399, 959; 3/132, 985, 1029; 5/354, 360, 719
Спиртовое брожение 1/608, 609, 1101, 1102, 1135, 1147, 1155; 3/614, 627, 785; 5/39, 158, 663, 995
Спиртовые материалы
лаки 2/462; 3/471; 4/33. См. также *Полимеры*
растворимые красители 4/800; 1/82; 2/462, 977, 994, 1000–1002; 3/471–838
смеси бензиновые 1/205, 650
– бензольные 1/52
– глицериновые 1/1068
– касторовые 1/1068
Спиртомеры 3/1147
Спирты 4/800; 3/1147. См. также *индивидуальные представители алдифторные* 1/648, 717, 1024, 1025, 1096, 1134, 1163; 2/100, 234, 246, 407, 635, 646, 741, 888, 972, 1089, 1109, 1110, 1194, 1298; 3/33, 119, 185, 718, 773, 1027, 1028, 1058, 1116, 1117, 1163, 1250; 4/20, 169, 170, 500, 561, 562, 671, 800–802; 5/12, 208, 825, 994–997
– вторичные 1/161, 436, 602, 867, 951, 1077, 1203; 2/119, 120, 310, 311, 380, 581, 629, 747; 3/102, 433, 767; 4/525, 803, 804, 900, 1090, 1167; 5/709, 723, 757, 1010
– первичные 1/161, 600, 619, 620, 951, 1203; 2/119, 120, 603, 629, 645, 1203, 1267; 3/102, 433, 767, 1166; 4/803, 804, 900, 922, 1090, 1258; 5/8, 709, 779, 1011
– третичные 1/598, 599, 602, 1077, 1203; 2/310, 311, 581, 645, 746, 1086, 1203; 3/1025; 4/525, 803, 922, 1090, 1167; 5/14, 208, 709, 757, 779, 1010
алициклические 2/972, 1109; 3/377; 5/141. См. также *Стерины*
алканолamines, см. *Аминоспирты*
ароматические 2/237, 646; 4/562, 804. См. также *Фенолы*
галогенгидриды, см. *Галогеноспирты*
двухатомные, см. *Гликоли, Диолы, Пинаконы*
енольная форма, см. *Енолы*
желчные 2/280, 281; 4/865
- жирноароматические** 2/1109; 3/1164; 4/801
жирные, см. *Жирные спирты*
листья 4/800, 801
меркаптаны, см. *Тиолы*
метаболизм 3/617, 618
многоатомные 1/170, 1089, 1101; 2/234, 238, 280, 281, 402, 407, 602, 603, 1164, 1271; 4/51, 200, 500, 738, 800, 804, 978; 5/10, 37, 72, 709, 715. См. также *Глицераты*
номенклатура 3/573
одноатомные 1/166–170, 865–867, 1145, 1163; 2/237, 238, 380, 602, 603, 1267, 1271, 1273; 4/738, 800. См. также *Алкогалиты*
оксигенированные 3/718, 992, 1165, 1166, 1168, 1169; 4/699, 700
определение 1/389–391, 670, 896; 2/293; 3/526, 795; 4/803; 5/125, 208, 379, 693, 819
полифторированные 4/804, 805, 806; 5/405
получение 1/198, 199, 464, 1099, 1113, 1161, 1180, 1205; 2/516, 638, 640, 646, 677, 751, 889; 3/346, 502, 506, 518, 660, 665, 738, 764, 816, 833, 977; 4/803, 804; 5/45, 46, 122, 195, 199, 711, 792
применение 1/205; 2/237, 972; 4/134, 359, 804. См. также *Спиртовые материалы*
рацемические 4/391
свойства 1/198, 199, 423, 429, 442, 599, 640, 641, 659, 660, 708, 717, 784, 943, 946, 961, 962, 968, 969, 971, 1142; 2/12, 83, 299, 300, 374, 402, 420, 627, 638–640, 642, 646, 670, 671, 731–733, 799, 900, 913, 970, 971, 983, 1203; 3/120, 186, 187, 226, 506, 513, 516, 528, 530, 534, 738, 739, 762, 791, 785, 796, 816, 876, 1018, 1038, 1039, 1067; 4/277, 750, 801–803, 866, 906, 907, 930, 932, 938, 976, 1135, 1139, 1146, 1153, 1162, 1163, 1166, 1192, 1205; 5/7, 57, 60, 125, 132, 197, 222, 238, 255, 256, 260, 262, 266, 268, 278, 332, 367, 368, 546, 786, 794, 827, 860, 943, 1009, 1011, 1012. См. также *Оксидальдегиды и оксикетоны, Оксикислоты, Оксинитрилы*
«сухой» 1/990
терпеновые 4/1090, 576, 1091; 1/660, 697; 2/237; 3/292, 293; 5/208
трехатомные, см. *Глицерины*
Спички 4/600, 633, 951; 5/285, 560, 632
Сплавление 2/171, 452, 478, 582, 950, 1154; 3/147, 168, 169, 386; 4/183, 184, 649, 670; 5/655
Сплавы 4/806, 807–810; 3/73, 75, 76, 96, 100, 412; 1/608; 5/503. См. также *Бронзы, Латунь, Сталь, Чугун, индивидуальные материалы, соединения отдельных химических элементов*
аморфные, см. *Аморфные материалы*
анализ 1/121, 542, 543; 3/431, 809, 810; 4/531; 5/176. См. также *Физико-химический анализ*
антифторные 2/1202, 1333; 3/753, 754; 4/601, 806, 809; 5/753
вариантность 5/98
Вуда 4/601, 809
высокопрочные 2/257, 828, 1249, 1250
Деварда 3/505, 518
деформируемые 1/214–216; 2/250, 1250; 3/497; 4/806; 5/618
дисперсноупрочненные 1/819, 821
- жаропрочные**, см. *Жаропрочные материалы*
жаростойкие 2/625; 3/482; 4/685
инструментальные 2/260, 261; 4/808; 5/760
как волокна 3/73, 74
как наполнители 3/87
как покрытия 1/977; 3/71, 334
как расплавы 4/346
как сверхпроводники 4/584, 585
как стекла 3/87; 4/843
как твердые растворы 4/806, 1002–1006. См. также *Интерметаллиды, Металлические соединения*
кластерные 2/796
конструкционные 2/260, 957, 1333; 4/808
коррозионностойкие 2/261, 262, 320, 321, 485, 947–949, 1332, 1333; 3/482, 498; 4/806, 808, 985. См. также *Коррозия металлов*
лигатуры 2/1153, 1154; 3/90; 4/115, 437, 601, 1175
литые 5/618, 752, 753
магнитные, см. *Магнитные материалы*
металлов благородных 2/1242; 4/809
– с ртутью, см. *Амальгамы*
металлургия 3/92–95
направленно-кристаллизованные 2/949
обработка 2/201; 3/94; 4/359, 807, 808; 5/12. См. также *Легирование, Химико-термическая обработка*
окисление 1/908; 3/76
«память формы» 3/484; 4/809
параметр порядка 5/103
полимеров 4/732–734
порошковые 4/138–142
прокатные 5/753
пружинные 2/1333
старение 2/1332; 3/497; 4/808
твердые, см. *Твердые сплавы*
типографские 4/601; 5/753
Фритта 2/800
электрохимические 2/262, 1333; 4/808, 809
Сплайсинг 4/810, 758, 759, 811, 812; 5/818
Сплошные руды 4/559
Сподумен 1/1035; 2/222, 733, 1201, 1202; 3/165; 4/676, 707, 838
Спородесмины 2/171
Спориоды 3/973
Справочники химические 5/490, 491–496, 511
Спрей 1/446
Спрейпак-насадки 3/338
Спринклерные установки 3/1191
Среднегашащая известь 2/350
Средние соединения
нефтепродукты 2/166, 167, 169, 170
соли 3/576, 577; 4/744–746, 904, 909, 920, 921; 5/249–253, 279, 280, 310. См. также *индивидуальные представители*
Средства для наркоза, см. *Наркоз*
Сродство
к протону 2/782
к электрону 4/813, 151, 153, 814; 2/526, 528, 530, 1104; 5/461, 553
красителей к материалам 2/989, 991
химические реакции, см. *Химическое сродство*
Срывные реакции 3/142, 238–240
СС-кислота 1/257
Стабар 3/1139
Стабилизация
азогенов 1/79, 80
воды 1/771
горения ВВ 4/1165; 5/117

- дисперсных систем 2/155, 156, 332; 3/992, 1195, 1196, 1211
 клева 2/799, 802, 803, 807, 808
 клеевых красок 2/799
 коагуляции 2/818
 коалесценции 2/818
 нефти 3/461
 пеп 2/860; 4/990; 5/288
 полимеров 4/814, 304, 815–817, 822, 833, 1012, 1085, 1139; 2/40, 91, 96, 97, 118, 226, 227, 292, 434; 3/201, 683, 763, 991, 1264; 5/6, 7, 137, 138, 213, 934, 950, 954
 структурная, принцип 4/1064
 суспензий 4/38, 397; 5/39
 фотоизображения 5/268
 фотостарения, см. *Светостабилизаторы*
 эмульсий 2/555, 860; 4/38; 5/39, 948–950, 980
- Стабильные нуклиды 2/384, 386, 387, 394; 3/605
- Стабильный бензин 2/166, 167, 169, 170, 687, 688
- Сталагмометрия 3/1171
- Сталеполимербетон 3/1264
- Сталл 1/209, 343, 401, 468, 973–976; 2/16, 201, 249, 250, 255, 257–264, 266, 323, 485, 546, 565, 571, 625, 828, 878, 947–950, 952, 957, 1146, 1153, 1154, 1241, 1242, 1318; 3/15, 73, 75, 91–95, 144, 145, 273, 410, 475, 492, 695, 696, 1001, 1068, 1069, 1088, 1179, 1180; 4/139, 291, 321, 436, 633, 806, 808, 982, 1021; 5/371, 451, 470, 651, 703, 707, 901, 904
- Стандартное состояние 4/817, 365, 373, 818, 819, 901, 1037, 1072, 1073; 2/901; 5/465, 499, 505, 954
- Стандартные образцы 4/819, 472, 476, 768, 776, 900, 1189; 2/780, 1317; 3/135–139, 231, 655; 5/173, 180, 181, 622, 629, 630, 814, 817
- Стандартные параметры
 отклонение результатов анализа 3/136–139
 потенциалы 4/819, 154, 545, 546, 820, 821; 1/126, 127; 3/99, 662, 667; 5/839, 840, 843. См. также отдельные химические элементы
 энтальпия образования 5/954
 энтропия 5/956
- Стандартные реакции 4/417
- Стандартный пожар 3/646, 647
- Станисл 3/1210
- «Станн» 3/575. См. также *Олово*
- Станназы 3/762
- Станнан 3/576, 757
- Станнатраны 3/762
- Станнаты 1/1093; 3/753, 758
- Станниды 3/753; 4/107
- Станниламины 3/760, 762
- Станнилены 2/622
- Станнины 2/551; 3/756
- Станнит 4/1021
- Станоопалладинит 3/871
- Станозол 1/290, 291
- Стантона (Стэнтон) числа 2/1303; 3/1184
- Старение
 полимеров 4/821, 80, 81, 589, 814, 822, 823, 1018; 1/31, 630, 631, 634, 846; 2/706, 1003; 3/64, 661, 750.
 См. также *Деструкция полимеров*
 сплавов 2/1332; 3/497; 4/808
 фотоматериалов 5/321
- Старлицид 2/343
- Статистическая термодинамика 4/823, 367–369, 374–376, 824–832, 870, 1029, 1070, 1073; 1/836, 840; 2/718; 3/644, 645, 841, 842; 5/178, 466, 499, 500, 868, 956
- Статистические сополимеры 1/287, 724, 725; 2/699; 3/1230, 1260; 4/31, 40, 764, 765, 844
- Статистический клубок, см. *Макромолекулы*
- Статистических испытаний метод 3/214, 215
- Стафизин 2/171, 172
- Стафилококковые энтеротоксины 4/832, 833, 1195; 2/467; 3/846
- Стафиломицины 3/924, 927
- Стафлен 4/80–82
- Стахиридин 1/544
- Стахиоза 3/748; 4/582; 5/375
- Стационарные реакции 2/689–691, 715
- Стационарные состояния 4/1073; 5/153–155
- Створаживание 2/559
- Стеараты 4/833
- Стеариламины 1/270; 3/724
- Стеарин 1/262, 1085; 2/83, 308; 3/159, 822, 876, 1125; 4/165, 743, 833; 5/143
- Стеариновая кислота 4/833, 34, 133, 172, 377, 378, 580, 744, 769, 770, 834, 903, 968, 990, 1012; 1/19, 339, 846, 863–865, 1085, 1144; 2/303, 307, 643, 644, 660, 1215, 1318; 3/301–303, 724, 730, 834, 876, 1125, 1186; 5/26, 86, 143, 551
- Стеароилмолочная кислота 3/1089
- Стеарол 3/717; 4/1012
- Стеаронитрил 3/512
- Стеатит 4/977
- Степмена насадки 3/338, 339, 1141
- Стекло(а)
 грядентные 3/776
 жидкое 4/834, 673, 680, 699, 726; 1/458; 2/705, 801, 802, 982, 1241, 1319; 3/361; 5/208
 кварцевое 4/834, 835–838, 847, 1224; 1/778; 2/733, 776, 1027, 1028; 3/775; 4/1224
 кристаллические, см. *Ситаллы*
 люминесцирующие 1/672; 2/1227
 материалы, см. *Стекланные материалы*
 металлические 5/164, 895
 молочное 4/837, 838
 напыление 3/334
 неорганические 4/835, 105, 132, 133, 157, 290, 291, 619, 627, 681, 709, 834–843, 846–848, 951, 1002, 1006, 1042, 1224; 1/137, 540, 555, 679, 873, 1035, 1071; 2/5, 48, 153, 208, 299, 332, 485, 556, 709; 3/145, 306, 308, 312, 313, 352, 353, 367, 410, 418, 419, 698, 774, 775, 777, 1000, 1193; 5/247, 515, 516, 678, 863
 оптические, см. *Оптические материалы*
 органическое 4/840, 21, 841–844; 1/757, 921; 3/69, 70, 776; 5/340.
 См. также *Полиметилметакрилат*
 пористые, см. *Пеноматериалы*
 растворимое 4/841, 834, 835, 842; 1/871; 2/327, 776; 3/360, 361
 склеивание 2/801, 802
 температура стеклования 4/842. См. также *Стеклообразное состояние*
 термометрические 4/1078
 тонирование 3/334
 травление 3/368
 цветные 2/332, 821, 1288; 3/447, 480, 481; 4/157, 838, 839
- Стеклование, температура 4/842, 835, 843, 844, 850, 852, 1017; 2/706; 3/840, 1116, 1118–1121; 5/640. См. также *Стеклообразное состояние*
- Стеклокерам 4/706
- Стеклообразное состояние 4/842, 663, 843; 1/287, 288, 859; 2/328, 714, 1060; 3/840. См. также *Аморфное состояние* и релаксация 4/463
- Полимеры
 получение, см. *Стеклование температуры*
- Стекланные материалы
 вата 1/1071; 4/1042
 волокна 4/846, 64, 94, 163, 221, 291, 332, 333, 445, 771, 835, 844–848, 1013, 1014, 1041, 1042, 1082; 1/2, 369, 370, 802, 807, 1194; 2/327, 328, 768, 806, 878; 3/327, 329, 417, 646, 907, 910, 1126, 1130, 1221, 1268; 5/143, 144
 волокнисты 1/807; 4/845, 847, 848, 970; 5/144
 кристаллические, см. *Ситаллы*
 пластики 4/844, 93, 163, 333, 485, 723, 845, 846; 1/807; 2/806, 878, 880; 3/92, 327, 646, 746, 802, 806, 1119, 1201, 1215, 1218, 1248, 1249, 1270; 5/41
 рубероид 1/563
 текстолиты 1/370; 4/333, 844–846, 848, 1013, 1014; 5/144
 углерод 5/39, 40, 137, 387, 901
 электропроводные 3/134, 135; 4/155; 5/150
 эмали 2/322, 950, 1241; 5/943, 945
- Стеглит 2/828
- Стеклоукрепитель 3/924, 926
- Степено (Степо) закон 2/1065
- Степанова
 метод выращивания монокристаллов 2/1009; 3/255, 256; 4/112
 реакция 1/949
 соотношение, см. *Люминесценция*
- «Степелная» неньютоновская жидкость 4/487
- Степень
 гидролиза 1/1098
 дисперсности, см. *Дисперсность*
 диссоциации 5/176, 586, 800, 856, 857
 завершенности реакций 1/18; 3/1257
 извлечения целевых компонентов 2/916; 3/629, 898
 измельчения 2/351–357; 5/211
 изотопного обмена 2/388
 ионизации 3/1094; 4/1030
 ковалентности (ионности) химической связи 4/127
 кристалличности 2/704, 1060; 3/1120; 4/849–852
 набухивания 3/319, 1268, 1269
 непрерывности процесса 3/421
 окисления 4/848, 415, 471, 482; 1/664, 665; 3/413, 576, 664, 665, 957–961; 5/286, 497
 перетирания красок 2/978
 полимеризации 2/1263, 1264; 3/742, 743, 1257, 1258, 1266; 4/34
 полноты реакции 5/505
 поляризации люминесценции 2/1223, 1224
 сжатия 2/881
 соосаждения 4/760
 токсичности веществ 4/1196
 черноты 4/1048
- Стераны 3/379; 4/864
- Стереоблочные полимеры 1/858; 3/1219, 1220; 4/30
- Стереодифференцирующие реакции 4/855
- Стереонизация 2/127–131, 366–368, 931, 947; 3/205, 293, 701; 4/19, 853–857; 5/11, 353
 и реакционная способность 2/913, 914. См. также *Асимметрический синтез*
- полимеров, см. *Стереорегулярные полимеры*
- тактичность и микротактичность 4/849
- Стереоконфлекс 2/931; 4/19
- Стереон 1/635
- Стереонаправленный синтез 3/736
- Стереорегулярные полимеры 4/848, 21, 30, 306, 849–852, 856, 857, 887; 1/631, 633, 637, 858; 2/273, 285, 375, 376, 674, 705, 706, 799, 921, 922; 3/79, 739, 1227, 1229, 1267; 5/730
- Стереоселективные реакции, см. *Стереоселективный синтез*
- Стереоселективность 2/127–131; 4/853–856
- Стереоселективный катализ 1/389, 392
- Стереоселективный синтез 4/853, 620, 854–856, 858, 859; 1/388; 3/324, 732, 740; 5/34, 179, 732, 907
 асимметрический 1/388, 390, 391, 393; 2/53, 538; 3/25, 84; 4/389, 416, 858; 5/952
 Бартона 1/464, 465; 3/518, 535
 галогенирование 1/955
 гликозилирование 5/693
 дегидрогалогенирование 2/14
 дневной 2/101; 4/856
 и динамическая стереохимия 2/131
 перегруппировка Бекмана 1/469, 231, 253, 254; 2/615, 1138, 1213; 3/515, 702; 4/610, 855
 – Клайзена 2/786, 787; 1/185, 199, 717
 – пинаколиновая 3/1024
 Прилежаева 4/169
 топохимический 4/1217
 Фрича–Буттенберга–Вихелля 5/373
 циклоприсоединение 5/736
- Стереоспецифическая нумерация, система 2/1189
- Стереоспецифические реакции 2/127; 3/9, 733, 734; 4/853, 854, 1137; 5/34, 305
 аналитические 3/794, 797
 восстановление 2/655
 гликозилирование 4/38
 замещение 2/314; 3/580
 Корн–Уинтера 2/935
 полимеризация 4/856, 30, 849, 857; 2/665, 874, 921; 3/1220, 1269; 5/730
 периферические 3/964
 присоединение 4/176
 симметризация 4/686, 554, 976; 3/91
 согласование 5/737, 738
 стереоселективные, см. *Динамическая стереохимия*, *Стереоселективный синтез*
 трансаннулярные 4/1227
 фотохимические 5/737
 хелатронные 4/344; 5/442, 443
 циклоприсоединение 5/737, 738
 электроциклические 5/927, 928
 элиминирование 2/129, 913; 4/344, 425; 5/939
- Стереоспецифичность 1/553; 2/127, 407, 674, 921, 922; 3/78; 4/853–857
- Стереохимия 4/857, 858, 859; 1/1067; 3/263–267, 786, 788; 5/509, 927
 динамическая, см. *Динамическая стереохимия*
 и изомерия, см. *Стереои́зомерия*
 и оптическая активность 4/858
 и стереоспецифичность, см. *Стереоселективный синтез*, *Стереоспецифические реакции*
 и теория графов 1/1197, 1198; 4/858
 – запяхов 2/238
 и топные отношения 4/1211–1213
 и топология 4/857, 1214, 1215
 и тополимеризация 4/1215, 1216

- и эффект Керра 2/739. См. также *Стерические эффекты*
- конфигурационная, см. *Конфигурация стереохимическая, Хироптические методы*
- конформационная, см. *Конформации молекул, Конформационный анализ*
- модельные соединения 3/580, 581
- нежестких молекул 2/98, 925; 3/83, 392, 393; 4/46
- неорганическая 2/925
- номенклатура 3/568, 263, 265, 569–572, 606; 2/369, 1189; 4/848, 859
- принцип Кертмана–Гаммета 2/739, 127, 740, 914
- хиральная, см. *Хиральность*
- Стерилизаторы почв 3/107
- Стерны 4/859, 378, 381, 382, 744, 860, 861, 865, 903, 977, 1092, 1119; 1/750, 826; 2/303, 660, 1188, 1191, 1194; 3/49, 470, 700, 1186; 5/269, 551, 589, 590
- Стерические эффекты (факторы) 1/547; 2/130, 131, 155, 156, 193, 414, 754, 910, 913, 931, 940, 941; 4/871; 5/368
- Стеркобилиноген 2/279
- Стеркуловая кислота 5/731
- Стерниты 3/846; 4/40, 41
- Стероид-Δ-изомеразы 2/364
- Стероидные алкалоиды 4/861, 862, 865; 1/1181; 2/959
- Стероидные гормоны 4/862, 428, 468, 863–865, 1119; 1/457, 553, 745, 1171–1173; 2/241, 426, 533, 747; 3/794, 975; 5/111, 218, 270, 589, 590, 606, 971
- С18, см. *Эстрогены*
- С19, см. *Андрогены*
- С21, см. *Гестагены, Кортикоиды*
- Стероиды 4/864, 219, 277, 865, 1259, 1262; 1/142, 301, 464, 465, 494, 495, 542, 659, 841; 2/11, 241, 378, 288, 606, 969, 1171; 3/227, 324, 379, 506, 571, 621, 622, 793; 5/96, 259, 557, 957. См. также *Кортикостероиды*
- алициклические спирты, см. *Спириты*
- алкалоиды, см. *Стероидные алкалоиды*
- анаболические 5/971
- гликозиды сердечные 1/1129, 1130; 2/1160; 4/576–580, 861, 862, 865, 879, 880
- гормоны, см. *Стероидные гормоны*
- желчные кислоты 2/277, 278, 605; 1/457; 3/624, 786; 4/865, 1119
- спирты 2/280, 281; 4/865
- кальциферолы, см. *Витамин D*
- кардиотонические 5/1040, 1042, 1044
- мускусные 3/293
- номенклатура 3/573
- определение 5/151, 542
- сапонины 4/576, 577–580, 860; 1/1128, 1129; 3/284, 848
- Стероиды, см. *Стерины*
- Степенное осаждение 1/1106
- Стефана уравнение 2/542
- Стефана–Больмана закон 4/1030, 1047
- Стефена модификация 4/539
- реакция 4/865, 866; 1/201; 3/515
- Стехиометрия 4/866, 414, 721, 722, 848; 3/433, 575, 788; 5/515, 802. См. также *Нестехиометрия*
- «Стиб» 3/575. См. также *Сурьма*
- Стибензол 4/945
- Стибиды 2/670
- Стибины 1/332, 333; 3/575; 4/390, 533, 943, 944
- Стибиопалладинит 3/871, 1132
- Стибинды 1/331–333
- Стибнит 4/951
- Стибония соли 4/867, 945
- Стивенса перегруппировка 4/866, 867, 913; 1/237, 279, 621; 5/905
- Стигмастерин 3/49; 4/381, 859–861
- Стигмак 4/739
- Стилекс 3/1139
- Стилометры 4/779
- Стилон 3/1201
- Стилоскопы 4/779
- Стильбен(ы) 4/867, 329, 418, 423, 699, 868, 869; 1/488; 2/182, 221, 1042, 1228; 3/9, 836; 5/53, 117, 360, 442
- Стильбэстрол 5/972
- Стимуляторы лейкопоза 2/1155, 115
- роста, см. *Регуляторы роста растений*
- секрети женского молока 4/190
- сердечной деятельности 3/1155
- смоловыведения 3/826
- центральной нервной системы 2/459
- Стипидная кислота 5/21
- Стиптицин 2/1322
- Стиракс 4/868; 2/937
- Стирацин 2/936, 937
- β-Стирилакриловая кислота 3/965
- Стириламин 3/924
- Стирилатетат 4/868
- Стирлявые красители 2/114, 149, 150; 3/130–132
- Стирлинга цикл 5/603, 604
- Стирол 4/868, 869, 870; 5/813, 817
- как модификатор 1/151–153; 2/806, 807; 4/870
- комплексы с переходными металлами 3/735, 875
- материалы, см. *Стирольные материалы*
- оксид 3/731, 732; 5/122, 130
- получение 2/12, 13, 115, 665, 671, 672, 935; 3/450, 738, 740; 4/869, 1202; 5/122, 130, 980
- свойства 1/80, 309, 350, 373, 520, 528; 2/707, 1152, 1204, 1266, 1273, 1298, 1329; 3/10, 257, 444, 833, 1265, 1266, 1268; 4/39, 41, 54, 91, 301, 304, 306, 308, 418, 425; 5/126, 439, 736
- сополимеры 1/14, 15, 114, 117, 118, 163, 235, 289, 311, 420, 572, 627, 635, 645, 708, 710, 716, 719, 721, 724, 788–790, 845, 858, 884, 1002, 1149, 1273; 2/92, 93, 200, 284, 464, 516, 520, 631, 701, 704–706, 808, 1081, 1150, 1267; 3/54, 71, 116, 121, 123, 327, 646, 662, 908, 1032, 1196, 1229, 1230, 1234; 4/40, 92, 95, 305, 491, 503, 589, 613, 661, 693, 734, 766, 969, 1000, 1087, 1088; 5/122, 341, 950, 983
- Стирольные материалы
- бутадиеновые грунтовки 1/790
- водоземulsionные краски 1/788, 790
- каучуки, см. *Бутадиен-стирольные каучуки*
- Стирон 4/40, 41
- Стиронил 3/1139
- Стирофлекс 3/1139
- Стифидаты 3/116, 117
- Стифинная кислота 2/186; 4/448, 1266
- Стишловит 2/832, 833, 1025, 1026
- Стокса закон 2/1221; 5/674
- критерий 4/282; 5/727
- размер частиц 4/283
- рассеяния света 2/865
- уравнение 1/447, 456, 729, 1106; 3/819, 820; 5/899
- Стокса–Эйнштейна уравнение 2/193, 199
- Стоксил 4/218
- Столбчатый токсин 4/1195; 5/1045
- Столковский теория 4/870, 871, 872; 1/123–125, 548, 925; 2/41, 124, 754; 3/238, 259, 1055
- Стомп 1/1027
- Стомп-растворы 5/453
- Сторопентные смолы 1/156, 157; 5/134
- Сторка реакция 4/872, 409, 410, 423, 424, 873; 1/160; 2/245; 3/1080
- Стохастические модели 3/193, 194
- Сточные воды 1/1123; 2/583, 731; 3/658, 789, 848, 849, 851, 855, 856, 898, 1055, 1194; 4/101, 293; 5/675
- анализ 2/291–293; 3/8; 5/497
- очистка 2/505, 731; 3/821, 822, 857–864, 898, 1169, 1170; 4/293, 613; 5/204
- «Странные» частицы 5/931, 932
- Стратосфера, состав 1/399, 400; 2/505; 5/684
- «Стрелы Амура» 4/567
- Стрепидин 1/245, 246
- Стрептокиназа 3/1098
- Стрептомицин 1/246, 247, 302, 321, 1210; 2/1277; 3/1058, 1097; 4/241; 5/417, 973
- Стрептоидин 1/321
- Стрептоидиановые красители 3/128, 129
- Стрептоидин 4/901, 902
- «Стрепфорд»-газоочистка 1/901
- Стриктоидин 2/459
- Стриктоидин-синтеза 2/458
- Стрихин 2/457
- Стрихинин 4/873, 391, 466, 874; 1/143, 147, 619, 671; 2/459; 3/704; 5/1051
- Стробирование 4/127, 128
- Стронга–Шнебера метод 3/255, 256
- Стронцианит 2/639; 4/874, 875, 877
- Стронций 4/874; 3/849; 5/937
- азид 1/72
- амид 1/232; 4/875
- борат 1/1078
- галогениды 4/876, 668, 835, 874, 875, 877, 878
- гидрид 4/874, 875
- гидроксид 4/874, 876, 878
- интерметаллиды 2/481; 4/875
- карбонд 4/874, 875
- карбонат 4/877, 874, 875, 878; 1/467; 2/637, 639; 3/276
- металлаты 1/205, 206; 2/335, 583, 733, 1079; 3/242, 489; 4/716, 875
- метеоритный 2/963
- нитрат 4/878, 668, 875, 876, 1246; 2/1079
- нитрид 4/875
- оксид(ы) 4/878, 564, 585–587, 706, 836, 838, 874–879, 972, 974; 1/460, 461
- определение 2/710, 763, 870; 3/124; 4/876; 5/274, 335
- органические соединения 1/726; 4/173, 875, 876
- перхлорат 3/987, 988
- получение 1/986, 1019, 1022; 2/504, 1295; 3/88; 4/396, 875; 5/298, 923
- применение 1/1208; 2/1079; 3/161, 1012, 1015; 4/875, 876; 5/920
- свойства 1/460, 768, 978, 1015, 1018, 1190, 1193; 2/282, 383, 387, 504, 639, 986, 1181, 1227, 1242, 1246; 3/97, 98, 583, 871, 955, 957, 958, 972, 974, 987, 988; 4/319–321, 325, 331, 334, 337, 338, 431, 813, 874, 875; 5/332, 796, 797
- силикат 4/675, 679
- сплавы 2/260, 1147; 3/88; 4/876
- сульфаты 4/874–876, 1006, 1149
- сульфит 4/921
- титанат 4/879, 584, 585, 587, 1183; 2/222, 733
- феррит 5/163
- фосфаты 2/1226; 4/875; 5/250–253
- халькогениды 4/875, 910
- хромат 5/633
- цирконат 5/761
- Стронционовый желтый 4/875
- Строфантиниды 4/879, 880
- Строфантин 4/879, 880; 1/41
- К-Строфантозид 4/879, 880
- Струевая коррозия 2/948; 3/273
- Струевые методы выщелачивания 1/867
- газодинамический молекулярного пучка 3/237, 238
- кинетические 4/880, 462, 881; 2/754; 5/156
- непрерывного и остановленного потока 3/141
- релаксационные 4/462
- формования волокон 5/226, 227
- Струевые устройства 4/987–989
- газоанализаторы 1/887
- инжекционные, см. *Инжекционные устройства*
- компрессоры 2/885; 3/344
- мельницы 2/146, 356, 357; 4/139
- мешалки 3/943
- насосы 2/146; 3/342–344
- расходомеры 4/383, 385–387
- сепараторы 3/632
- тарелки 4/988, 989
- форсушки 4/346, 347
- Структура потоков в аппаратах 4/881, 260, 261, 882; 1/1105; 2/1320, 1321; 5/31
- Структурная теория, см. *Химического строения теория*
- Структурная химия 4/882; 1/1056; 2/854, 855, 1023; 3/392, 393, 395. См. также *Структурообразование*
- изомерия 2/366, 368, 369, 929; 3/345, 579; 4/1215
- формулы 3/204, 205, 785; 5/237, 238
- Структурный анализ 4/882, 829, 883, 884; 2/189–191, 1068, 1069; 3/794; 5/171, 226, 497, 874
- групповой 1/292; 3/458, 794–798; 5/497
- дифракционный, см. *Нейтроннография, Рентгеновские методы анализа, Электронография*
- спектральный, см. *Колебательные спектры, Масс-спектрометрия, Спектроскопия*
- туннельная сканирующая микроскопия, см. *Микроскопия*
- Структурообразование (структурирование)
- в дисперсных системах 4/884, 20, 885–888, 952; 2/152–156, 332, 338–340, 1182; 3/1167
- в катализаторах 4/193
- в полимерах, см. *Полимеры*
- в порошках 4/138
- в суспензиях 4/951, 952
- в твердых растворах 4/1005
- и коагуляция 2/816
- и реология 4/489–492
- матричный эффект 2/1326
- почв 1/119; 2/861, 1175; 3/1169, 1195; 4/20
- пространственно-временное, см. *Камоорганизация*
- Стурон 4/773, 774
- Студии 4/887, 888, 889; 3/1088
- Стюдента критерий 3/138, 638–640, 644, 1108
- Стюарта модели 3/228
- Стюарта–Бриггса модели 3/228, 229
- «Стягивающий» эффект лигандов 2/796
- Суанит 1/587
- Субвулканические горные породы 4/561

- Суберан 5/720
 Субериновая кислота 1/989; 4/527
 Субимация 4/889, 265, 890–893, 966, 1021, 1034, 1057, 1223; 1/924; 2/57, 151, 152, 223, 540, 765, 788, 833, 834, 916, 1044, 1045, 1299, 1300; 3/226, 994, 1000; 5/15, 77, 102, 148–152, 332, 535, 536, 605, 755, 756, 904
 Субмикрoанализ 2/856
 Субмикроскопическое состояние 5/176
 Субстантивные красители 4/255, 256. См. также *Прямые красители*
 Субстехиометрический метод анализа 2/382
 Субстраты 2/363, 421, 422; 4/419, 582, 622, 623
 в химических реакциях 2/241, 242, 433, 434, 524, 525, 640, 849, 850; 3/24, 25, 624, 625, 668–671, 698; 4/414–416, 605, 606, 853–856
 и адгезия 1/35–37
 и коиформации молекул 2/914
 и кофeрменты 2/967–970
 и красители 2/977, 978
 как регуляторы ферментов 1/43, 555, 558, 1111; 2/463, 630, 690, 877; 3/211, 225, 625; 4/430, 431; 5/152–157
 кооперативность связывания 5/153, 155
 плазмиды, см. *Фибрин*
 структурные вариации, корреляция 2/940–942
 эффект всасывания 3/25
 Субсуперэквивалентный метод анализа 2/382
 Субтилизин 4/893, 217, 894; 1/472; 5/159
 Субтилин 3/472
 Субтрактивная номенклатура 3/574
 Субтрактивное цветовоспроизведение 5/324
 Субхирзин 5/18
 Сунатрол 4/541
 Сукно 2/324; 3/438
 Сукновальные глины 1/1141; 3/837, 838
 Сукцимер 2/175
 Сукцинат, метаболизм 3/613, 617–620, 622, 623; 4/1259–1262
 Сукцинатацетилгидрогеназа 4/894, 523, 1261; 2/968, 1152
 Сукцинатубихинонредуктаза 5/34
 Сукцинаты 4/894, 543, 929; 5/792, 967, 1058
 N-Сукцинил-3,5-дихлоранилин 4/895
 Сукцинилкофермент А 1/609; 2/970; 4/1259–1261
 Сукцинилкофермент А-синтетаза 4/1261
 Сукцинилполуальдегид 3/617–620
 Сукцинилхлорид 5/1058
 Сукцинимид 4/894, 174, 895; 1/139, 874, 952; 2/417; 3/277, 1080; 5/1058, 1059
 Сукциноиллирование 5/1058
 Сукцинонитрил 5/710, 1058
 Сулема 1/191, 338, 429, 596; 2/18; 3/763, 1044, 1045; 4/549; 5/32. См. также *Ртуть*, *галогениды*
 Сульфоксид 2/474
 Сульфосорб 2/472
 Сульфгид 4/901, 902
 Сульфоконзол 4/228, 229
 Сульфиприд 3/398, 399
 Сульфаты 4/896, 899
 Сульфаты 4/896
 Сульфаты 4/895, 896, 918, 923, 928, 930, 1103; 3/980; 5/278, 668
 «Сульф» 3/575. См. также *Сера*
 Сульфадимезин 4/901, 902
 Сульфадиметоксин 4/901, 902; 5/708
 Сульфазонизол 2/381
 Сульфален 4/901, 902
 Сульфаматы 1/975, 977; 4/900
 Сульфаметоксизол 4/901, 902
 Сульфамиды 4/896, 595, 897–902; 1/242; 2/402, 405; 3/102, 386, 530, 795, 1051, 1165. См. также *Бензол-сульфамиды*, *Сульфаниламидные препараты*, *Толуолсульфамиды*
 Сульфаминовая кислота 4/900, 906, 907, 917; 1/333; 3/280; 5/21, 200. См. также *Сульфаматы*
 Сульфамонилбензамиды 3/398
 Сульфамонилхлорид 4/900
 Сульфамонильная группа 3/398, 900, 901
 Сульфамонотоксин 4/901, 902; 5/708
 Сульфанил 5/554
 Сульфаниламидные препараты 4/901, 231, 634, 695, 902, 924; 1/241, 242, 425, 453, 515, 751; 2/114, 449, 1156, 1160; 3/470, 565, 567; 5/216
 2-Сульфаниламидотиазол 4/1118
 Сульфаниламиды 4/901; 5/111, 426
 Сульфанилмочевина 4/901, 902
 Сульфаниловая кислота 1/94, 241, 251, 254, 306, 311, 1123; 3/697; 4/231, 394, 448, 901, 902, 935; 5/125. См. также *Сульфаниламидные препараты*
 Сульфанилтриазены 1/515
 Сульфанол 4/285, 726
 Сульфаны 4/902, 632, 903; 2/783
 Сульфациридазин 4/901, 902
 Сульфатазы 3/287
 Сульфатвосстанавливающие бактерии 1/549, 770
 6-Сульфат- α -L-галактопираноза 1/32
 Сульфатиазол 1/85
 Сульфатирование (сульфатизация) 2/340; 4/435, 906, 907, 917, 974, 1020, 1174
 «Сульфатное» дыхание 2/240
 Сульфатные воды 3/170
 Сульфатные материалы
 лигнин 2/1174
 мыло 4/903, 904, 976; 2/1164, 1165
 растворитель 4/714
 скипидар 4/714
 стекло 4/842
 шелок 4/903, 904; 2/1164, 1174; 3/362; 5/664, 665
 Сульфатные процессы
 варка целлюлозы 3/362, 363; 4/903; 5/664, 665
 обжиг 3/1068
 получение соляной кислоты 4/755
 Сульфатон 4/902
 Сульфатосфаты 5/253
 Сульфатоциркаты 5/761
 Сульфаты
 неорганические 4/904, 471, 482, 527, 617, 630, 634, 644, 658, 910, 911, 920, 1006, 1149, 1182; 1/669, 974–977, 985; 2/545, 582, 664, 710; 3/3, 166, 623, 624, 974, 1000, 1068; 5/207, 274. См. также *Барит*, *Гипс*, *Квасцы*, *Купоросы*, *Мирабилит*, соединения отдельных химических элементов
 органические 4/904, 634, 905–908, 922, 1166; 1/51; 3/608, 1164, 1167; 5/667, 668. См. также *Диметилсульфат*, *Метилсерная кислота*
 Сульфацинокалин 5/523
 Сульфацирильная группа 4/1136; 5/207
 Сульфен 5/791
 Сульфениамиды 1/630, 634, 636, 719, 846, 963; 2/377; 3/62; 4/899, 908, 1134; 5/799
 Сульфенилгалогениды 1/963; 4/43, 908, 914, 916, 932, 938, 1134, 1152
 Сульфенилирование 4/914, 1151; 5/1
 В-Сульфенилоксиды 4/272
 Сульфенилтиоцианаты 4/908
 Сульфенилианиды 4/932
 Сульфеновые кислоты 4/908, 634, 909, 914, 925, 926
 Сульфены 3/102; 4/634, 934, 937
 Сульфидирование 2/571, 840; 3/363
 Сульфиды
 дипроизводные, см. *Дисульфиды*
 как дыхательные яды 2/242
 неорганические 4/909, 141, 142, 471, 482, 549, 560, 561, 630, 632, 634–637, 644–646, 651, 654, 909–911, 914, 981, 1005, 1022, 1124, 1141; 1/111, 554, 1095, 1162, 1191, 1193; 2/272, 340, 499, 670, 709, 710, 734, 735, 796, 840, 1061, 1153; 3/75, 76, 165, 166, 363, 774–776, 1000, 1003, 1055; 5/162, 206, 207, 860. См. также *Гидросульфиды*, *Пирит*, *Полисульфиды*, *Халькогениды*, *Штейны*, индивидуальные соединения химических элементов
 номенклатура 3/573, 575, 576
 органические 4/911, 172, 634, 815, 817, 912–915, 924–926, 931, 933, 934, 938, 1134, 1152, 1166; 1/1193; 2/76, 119, 120, 325, 697; 3/350, 463, 653, 763, 785, 797; 5/429, 991. См. также *Тиозифиры*
 Сульфимин 2/173
 Сульфимиды 4/634, 925, 938
 Сульфинамиды 4/899, 915
 Сульфидаты 4/43, 915, 933, 934, 1137; 5/569
 Сульфинил 3/577
 Сульфиниламины 3/1037; 4/634
 Сульфинилгалогениды 4/915, 1142, 1143
 Сульфинилины 4/915
 Сульфинилкарбонаты 4/925
 Сульфинирование 4/916, 917
 Сульфидовые кислоты 4/915, 43, 553, 634, 896, 899, 908, 909, 916, 917, 923, 934, 937, 938, 1151, 1152, 1205; 1/496, 1069; 2/170; 3/1037; 5/569
 «Сульфидол»-газоочистка 1/932
 Сульфидирование 4/917, 66, 81, 648, 740, 917–919, 923, 924, 928, 1055, 1201; 2/90, 360, 456, 1136; 3/91, 371–376, 387, 547, 565, 1046, 1054; 5/25, 132, 133, 141, 428. См. также *Сульфитирование*, *Сульфаты органические*, *гетеролитическое* 1/1060
 и алкилирование, см. *Сульфидоалкилирование*
 и окисление, см. *Сульфидокисление* и *хлорирование*, см. *Сульфидохлорирование*
 и этерификация, см. *Сульфозтерификация*
 как полимераналогичное превращение 2/701
 как электрофильное замещение 2/314, 441; 3/28, 526
 каталитическое 3/252
 контроль 2/210
 Сульфированные высшие жирные кислоты 4/919, 920
 Сульфидол-8 1/161
 Сульфитные материалы
 барды 1/1187; 2/1174, 1319; 3/894; 4/920; 5/670
 скинпидар 4/714; 5/746
 целлюлоза 4/165, 920
 шелок 4/920, 921; 1/680; 2/232, 1164, 1175; 5/665, 794, 995
 Сульфиты
 неорганические 4/920, 471, 482, 633, 656, 657, 921; 1/31, 1147, 1148; 2/499, 1271; 3/1088, 1089; 5/961, 1012. См. также *индивиду-*
 альные соединения химических элементов
 органические 4/921, 634, 922, 963, 964; 3/1167
 Сульфидоалкилирование 3/1118; 4/905, 919
 Сульфидо-2-аминобензойные кислоты 1/80
 Сульфоацетаты 3/1164
 N-(3-Сульфобензил)-N-этил-п-фенилендиамин 4/1116
 Сульфобензойные кислоты 4/581, 923, 936, 1145, 1204
 Сульбоетаны 3/1167
 Сульфогалогениды 2/137; 4/923. См. также *Сульфидгалогениды*, *Сульфохлориды*
 Сульфогидроксисоляная кислота 4/924
 Сульфогруппа 2/41, 770; 3/569; 4/917, 923
 3-O-(6-Сульфо-6-дезоксид- α -D-глюкопиранозил)-1,2-*sn*-глицерин 1/1130, 1131
 Сульфодинимиды 4/634
 Сульфодикарбоновые кислоты 3/1169
 5-Сульфозофталевая кислота 2/396
 Сульфокарбоновые кислоты 3/1164; 4/699, 927, 929
 Сульфокатиониты 1/650; 2/518, 519, 1172; 3/128
 Сульфоскислоты 4/923, 924; 2/701; 3/833; 5/10, 305, 825
 алифатические 2/71, 170; 3/101, 102, 1164; 4/343, 669, 699, 895, 896, 899, 908, 915, 918, 923, 924, 927–929, 938, 1137, 1166; 5/794
 амиды 5/129, 557, 558. См. также *Сульфамиды*
 ангидриды 2/630; 3/980; 4/43, 899, 923
 ароматические 1/79, 368, 373, 515–517; 2/41, 79, 81, 977, 978; 3/116, 127, 374–376, 385–388, 522; 4/916, 923, 924, 1091, 1099, 1204, 1205; 5/142
 галогенангидриды, см. *Сульфогалогениды*
 гидроксиформы, см. *Гидроксисульфоскислоты*
 как катализаторы 2/645
 соли, см. *Анионные поверхностно-активные вещества*
 тиопроизводные, см. *Тиосульфоскислоты*
 эфиры, см. *Сульфины*, *Сульфонаты*
 Сульфоскислоты 4/924, 272, 359, 372, 634, 635, 908, 909, 912, 915, 925, 926, 931–934, 938, 1137, 1143, 1152, 1153, 1158, 1167, 1168; 1/506, 952, 1162; 2/89, 120, 533; 3/721, 1037; 5/825, 860
 Сульфосилиловая кислота 2/1096
 Сульфоскислоты 4/634, 925
 Сульфоскопия соединения 3/1164; 4/930–932
 Сульфолан 4/926, 44, 67, 927, 933, 934; 2/105, 686; 3/524, 528, 558, 580
 Сульфоланилдитиокарбаматы 4/926
 Сульфолены 4/926, 927, 934; 2/376; 5/738
 Сульфолитин 3/327; 5/995, 996
 n-Сульфометиламинобензальдегид 4/1149
 Сульфометопиразин 4/901, 902
 Сульфометуронметил 4/932
 Сульфониамиды 2/402; 3/795; 4/595, 896–901. См. также *Сульфамиды*
 Сульфонаты 4/927, 173, 175, 923, 928–930, 1166; 1/517, 862; 2/304, 436; 3/185, 277, 285, 602, 603, 1233; 5/372, 449, 532. См. также *Анионные поверхностно-активные вещества*
 Сульфонафталинкарбоновые кислоты 3/373

- Сульфонафтоновые кислоты 5/134
 Сульфонафтолазорезорцин 1/936
 Сульфониесые соединения 4/930, 634, 867, 912, 913, 931, 932, 938, 1128, 1180, 1181; 2/119, 173, 698; 3/1037, 1091, 1164
 Сульфонил 3/577
 Сульфонилазиды 4/899
 Сульфониламиды 3/1164; 4/896–900
 Сульфониламинны 3/1022; 4/634, 899
 Сульфонилалогениды 1/492, 493; 2/1085; 4/912, 916, 918, 934, 937–940, 1137. См. также Сульфогалогениды, Сульфохлориды
 Сульфонилигидразиды 1/1069; 3/908; 4/133, 134
 Сульфонилигидразоны 1/658
 О-Сульфонилигидроксиды 2/74
 3,3'-Сульфонилидбензолсульфонилгидразид 1/1069
 Сульфонилоцианаты 2/401, 402, 405; 4/898
 Сульфонилимины 4/898
 Сульфонилирование 4/899, 900
 Сульфонилакарбанионы 4/933
 β-Сульфонилакарбоновые кислоты 4/916
 Сульфониламеточины 4/932; 1/327, 330; 5/769
 Сульфонилафеилэтиламинны 3/1022
 Сульфонирирование 4/917–919
 Сульфоновые кислоты 1/435, 496, 951; 2/1149; 3/573, 795; 4/471, 553, 934, 1151. См. также Сульфокислоты
 Сульфонилы 1/158, 159; 2/18, 1319; 5/25
 Сульфоны 4/932, 234, 343, 344, 471, 634, 635, 651, 912, 915, 916, 933–935, 937, 1120, 1121, 1143, 1151, 1158; 1/225, 952, 1129; 2/89, 99, 533; 3/180, 350, 1031; 5/443, 569, 745. См. также Сульфолан, Сульфолены
 Сульфокисление 3/101, 346; 4/293, 657, 907, 918, 924
 Сульфорициаты 4/919
 Сульфородаминны 2/776, 1083
 Сульфосалициловая кислота 4/935, 396, 397; 2/273, 452; 3/696; 5/719, 801
 Сульфосоли, минералы 3/166
 Сульфосукциаты 4/699; 5/207
 Сульфосульфокислоты 2/9; 4/1127
 Сульфотерид 4/935
 Сульфотерид 4/925
 Сульфотеридкарбоновые кислоты 3/1169
 Сульфотерезол 4/725
 «Сульфотерен»-газоочистка 1/902
 Сульфотерезовые кислоты 5/377
 Сульфотерезины 4/935, 936; 1/368; 5/379
 Сульфохинизарины 5/521
 6-Сульфохиновоксилацетилглицерин 3/49
 Сульфохлориды 4/937, 899, 900, 923, 924, 930, 938, 1151, 1166, 1204–1206; 1/515–517; 3/102, 103, 521, 676
 Сульфохлорирование 2/464, 755; 3/101, 346, 1264; 4/293, 310, 657, 918, 940, 1111, 1142
 Сульфохлорфенолазороданин 4/530, 531
 Сульфохлорфенолазотиопропиороданин 4/531
 Сульфохром 4/936
 Сульфохромиды 4/1166
 Сульфотерификация 4/917
 Сульфотоксикаты 1/161; 3/1163, 1164, 1170; 5/780
 Сульфотерифеританы 3/1167
 Сульфотериферы 4/919. См. также Сульфотериферы
 Сульфоянтарная кислота 3/1164; 4/929
 Сульфураны 4/938, 634, 939; 3/577
 Сульфурил 3/577
 Сульфурилгалогениды 4/939, 277, 358, 655, 657, 659, 907, 925, 926, 938–940, 1122, 1161, 1203–1205; 1/155, 418, 435, 963, 981, 1005; 2/78, 134, 136, 170, 171, 179, 456, 629, 745, 838; 3/119, 346, 387, 538, 580; 5/129, 278, 295, 565, 568, 569, 586, 607, 708, 729, 791, 995
 Сульфурилхлорид, см. Сульфурилгалогениды
 Сумилайт 3/1139
 Суммарная чистота веществ 3/834
 Суперинар 2/261, 262
 Супериники 5/861
 Суперкислоты, см. Сверхкислоты
 Суперлон 4/28
 Супермодулы 2/827
 «Суперпалаты» 3/326
 Супероксидсмузаты 4/940; 2/526, 661; 3/652
 Супероксиды 2/525, 526, 530, 569, 660, 661, 666, 767; 3/652, 658, 971, 973–975, 988; 4/940. См. также Натрий супероксид
 Суперпермаллон 2/1241
 Суперпластификаторы 1/545; 3/1118
 Суперпозиции принцип Больмана 4/485
 температурно-временной (частотной) 4/488
 Суперсенсбилизация 4/626
 Суперферриты 2/947
 Суперфос 4/940–942
 Суперфосфаты 4/940; 1/286; 2/498, 870; 3/250; 5/305, 306
 борные 1/587
 двойной 1/587; 2/590, 829; 3/4, 172; 4/940–942; 5/306, 756
 марганцевые 2/1293
 простой 2/590, 1006; 3/172; 4/650, 941, 942; 5/297, 756
 Суперфосфорная кислота
 Супраповерхностные реакции 1/841–843; 2/127–129, 247; 5/442
 Сурамин 4/225
 Сурепное масло 4/377–381
 Сурик 2/354; 5/371
 железный 2/269, 268, 273, 1296; 1/19; 3/991, 1011, 1012
 свиной 1/563; 2/322; 3/1012; 4/591, 600, 838
 Сурфактин 2/1195, 1196
 Сурьма 4/942; 3/575, 1194; 5/936, 938
 амальгамы 1/223
 взрывчатая 4/942
 галогениды 4/947, 177, 284, 545, 619, 655, 672, 713, 914, 943–946, 948, 949, 951, 1105, 1106; 1/34, 529, 530, 566, 569, 582, 612, 613, 665, 953, 956, 995, 996; 2/137, 179, 192, 203, 495, 497, 525, 628, 641, 697, 770, 779, 780, 783, 812, 1037, 1043, 1170; 3/12, 111, 124, 125, 307, 346, 512, 534, 560, 772, 938, 1024, 1247; 5/16, 141, 367, 388, 391, 548, 860, 971
 гидрид 1/332, 333, 592, 1079; 4/943, 944. См. также Стибины
 гидроксид 2/1079; 4/943, 949
 желтая 4/942
 интерметаллиды 2/481; 4/943
 кислоты 2/25; 4/943, 944, 948
 металлы 3/307; 4/943, 944
 оксиды 4/948, 837, 838, 893, 942–947, 949, 950; 1/335; 2/504; 3/134, 646, 775, 908, 1221, 1258; 5/862, 915
 определение 1/336, 615, 617, 670, 739, 1060, 1120; 2/84, 499, 709, 1057, 1104, 1219, 1224; 3/169, 969, 1058; 4/396, 944, 945, 1126; 5/127, 431, 637, 719
 получение 1/977; 3/13, 412, 1000, 1001; 4/593, 944, 947, 948, 951; 5/205, 651, 749, 854
 применение 2/672, 680, 1225, 1226; 3/134; 4/103, 105, 106, 115, 155, 835, 945; 5/669
 самородная 4/942
 свойства 1/1015; 2/1042, 1089, 1090, 1153, 1205; 3/96, 98, 126, 305, 348, 403, 955, 958, 1092, 1093; 4/102, 550, 584, 591, 593, 594, 813, 942–944, 1005; 5/655–657
 соединения диоксигенильные 2/137 – окисные 3/765, 971
 – органические 4/945, 501, 943, 944, 946, 947; 1/958, 965; 2/137, 1083; 3/81, 432, 978
 – полимерные 3/419
 сплавы 1/332, 1032; 2/1332; 3/753, 754, 758; 4/594, 601, 602, 809
 стибиды, см. Антимониды
 сульфаты 2/709; 4/943
 халькогениды 4/949, 617–619, 630, 637, 943–945, 948–951, 972, 1023, 1024; 1/119; 5/704
 цианид 5/702
 черная 4/942
 Сурьмяная кислота 4/943, 948
 Сурьмянистый водород 1/332, 333. См. также Стибины
 Сурьмяно-кремниевая кислота 4/944
 Сурьмяно-фосфорная кислота 4/944
 Сурьмяное золото 3/755
 Сусло 1/1102
 Суспензии 4/951, 952, 953; 1/1106; 2/145, 146, 148, 149, 153; 5/204, 871
 водно-угольные 1/769, 205, 770; 2/112
 аязкость 1/872
 гидрофобное взаимодействие 1/1111
 и эрозивная коррозия 2/956
 искусственная пища 2/539
 как клеи 2/799–801
 как среды, см. Обогащение полезных ископаемых, Суспензионные реакции
 коагуляция 2/816
 красящих веществ, см. Дисперсные красители, Краски, Пигменты, Эмали
 литейные шликеры 2/735
 механическая обработка 3/147
 обезжиривание 2/491
 осаждение 3/819–822
 перемешивание 2/491
 полимерные 5/950, 951
 разделение, см. Классификация, Фильтрация, Центрифугирование
 реология 4/489–492
 светочувствительные, см. Фотографические эмульсии
 ступение 2/491, 492; 3/637, 819–822
 стабилизация 4/38, 397; 5/39
 токопроводящие, см. Суспензионный электрод
 углеводородные смеси 5/40, 41; 1/205, 1087–1089
 Суспензионные реакции
 поликонденсация 3/21
 полимеризация 4/953, 21, 40, 41; 3/978, 1198, 1233, 1266; 5/950, 951
 сополимеризация 2/520; 3/192
 Суспензионный электрод 4/953
 Сутаны 1/330, 1030
 Суффиксы 1/1029
 «Сухарные» глины 1/1141
 Сухие продукты
 горючие газы 1/928, 930; 2/680, 682
 «лед» 5/44
 лнгийн 1/1100
 скипидар 4/714
 «спирт» 1/990
 Сухие процессы
 газоочистка 1/898, 902, 931
 измельчение 2/351, 358
 коррозия 1/400, 401
 перегонка древесины, см. Пиролиз древесины
 – натурального каучука 2/708
 – рогов и копыт 3/108
 тушение кокса 2/841, 842, 847
 Сушилки, см. Сушка
 Сушка 4/953, 264, 893, 941, 953–967; 1/708, 1105; 2/339, 669, 674, 870, 1131, 1132, 1299, 1300, 1307; 3/637, 1060; 5/457, 808, 809
 Сфалерит 2/334, 370, 443, 551, 832, 1056; 3/165, 167, 777; 4/109, 500, 546, 618, 630, 911, 972, 1005, 1023; 5/746, 754, 755
 Сфен 1/359; 4/434, 1172
 Сферическое состояние жидкости 2/762
 Сферокобальтит 2/819, 824
 Сферолиты 2/1061, 1267; 3/166; 4/663
 Сферозин 2/1321
 Сфинганин 4/968
 4-Сфинганин 4/968; 5/693
 Сфинголипидофосфолипиды 5/274
 Сфингозил-β-галактозил 5/693
 Сфингозин(ы) 1/1137; 2/1188, 1190, 1191; 4/968; 5/692, 693
 Сфинголипиды 4/967, 968; 2/1188; 3/699
 гликопроизводные, см. Гликофосфинголипиды
 сфингомиелины 4/968, 379, 969, 1189–1191; 3/48, 49, 51
 фосфолипиды, см. Фосфолипиды
 церамиды 5/692, 315, 693; 1/979, 980, 1137, 1140; 2/1190, 1191; 4/968
 цереброзиды 5/693, 692; 1/1137; 2/1189–1191; 3/49
 Сфингомиелиназа 4/968, 969
 Сфингомиелины 4/968, 379, 969, 1189–1191; 3/48, 49, 51; 5/314, 315, 591, 692
 Сфингофосфолипиды 5/274
 Сфингогалактозил 5/314
 Схватывающие клеи 2/808
 Схема(ы)
 валентные, метод 1/665–667; 2/831
 Линденана 3/257, 258
 ЛЭПС 3/1178
 Маркуса-Райса 3/258
 Метрополиса 3/214, 215
 Фрумкина-Мелик-Гайказяна 5/919
 Сходимость результатов анализа 3/136
 Сшивание генов 1/1009
 Синадповая кислота 4/740
 Силларда-Чалмерса эффект 5/1016
 Силларен А 3/1075
 Силлириозид 2/341
 Сцимол 2/281
 Сцинтилляционные приборы 1/978; 2/221, 583, 1228, 1314; 3/675, 679, 1040; 4/329, 330, 335, 339, 480, 868, 877, 975; 5/213, 658
 Счетная концентрация, см. Аэрозоли
 Счетчики
 Гейгера-Мюллера 1/978; 2/220; 4/329, 330, 1111
 Кальтера 2/148
 люминесцентные 4/877
 пропорциональные 4/329
 расходомеры 4/383
 сцинтилляторы, см. Сцинтилляционные приборы
 фотоэлектрические 4/280, 281

Сшивающие агенты 4/969, 443–445, 662, 1088, 1200; 1/646, 647, 859; 2/422, 520, 706, 1080, 1267, 1268, 1276; 3/27, 69, 146; 5/122, 340, 708, 989. См. также *Вулканизация*

Сшитые полимеры, см. *Сетчатые полимеры*

Сыворотка крови 1/191, 192, 1138, 1153, 1174; 2/20, 110, 426, 427, 874–876; 5/1036

Сыпучие материалы

выборочная, см. *Вибрационная техника*

высушивание, см. *Сушка*

дозирование, см. *Дозаторы, Уровнемеры*

и механические нагрузки, см. *Механические свойства материалов*

крупность, см. *Гранулометрический состав материалов, Ситовой анализ*

минеральное сырье, см. *Обжиг, Обогащение полезных ископаемых*

плотность 3/1145. См. также *Плотномеры*

подача к агрегатам, см. *Питатели, Пневмо- и гидротранспорт*

помол, см. *Дробление, Измельчение*

порошковые, см. *Порошки*

придание формы, см. *Гранулирование, Капсулирование, Таблетирование*

проботбор и пробоподготовка 4/180

псевдооживление 4/258–266

разделение, см. *Классификация*

сегрегация 4/735

смешение, см. *Смешение твердых сыпучих материалов*

Сырой бензол 4/969, 753, 1115, 1158, 1202; 1/513, 878; 2/593, 842, 845, 847, 1004, 1005, 1041, 1044, 1101; 3/27

Сысертский 2/535; 3/823; 4/562

Сычуный фермент 5/517, 518

Сэндвичевые соединения 1/364, 365; 2/1035, 1147; 3/949; 4/122, 976, 1201; 5/383, 467, 635, 636, 721, 734, 735. См. также *Металлоцены, Ферроцен*

Т

2,4,5-Т 1/1028; 5/585–587

Табак 1/644, 1135; 2/85, 212, 606; 3/1080

Табатрекс 4/494

Таблетирование 4/970, 542, 971; 1/1188; 2/667, 670; 3/144

Табун 4/971, 972; 3/843, 844, 846

Тавор 4/1225

D-Тагатола 2/1211; 3/264, 615, 616

D-Тагатуриат 3/615, 616

Тазепам 4/1224, 1225

Тайдекс 4/83, 84

Тайнинолит 4/723

Тайпотоксин (тайпоксин) 4/1194, 1195; 5/1035, 1046

Тайрон 4/972; 2/451

Такрин 1/346

Таксономы 4/1026

Тактик 1/107

Тактичность макромолекул 4/849–852

«Талейкинская» реакция 5/522

Талентин 2/544, 546

Таликарпин 2/400

Таликтуберин 2/398, 399

Талин 3/1090

Таллаты 4/669, 973, 974

Таллий 4/972, 431; 5/937, 938

амальгама 1/222, 223; 4/975; 5/840

бораты 1/581; 4/618

борид 1/583, 584

галогениды 1/1114; 2/709; 3/774–776; 4/627, 820, 973–976, 979, 981–983, 986; 5/16, 391

германиевый цеолит 1/1034

гидроксид 4/973, 974, 976, 981; 5/796

интерметаллиды 1/331; 2/481, 1201; 3/348; 4/972, 985

карбиды 1/815, 820; 4/586

карбонат 2/636, 637; 4/973, 975

металлы 1/821; 2/335; 3/241; 4/466, 975, 1112; 5/630

нитраты 2/388, 647; 4/975

нитрид 4/982

оксиды 3/334; 4/584–587, 972–975; 5/983

определение 1/670; 2/84, 442, 519, 709, 1057, 1090, 1219; 3/124, 169, 969, 1044; 4/935, 975; 5/335

органические соединения 4/975, 273, 976, 986; 1/166, 167, 169; 2/174, 497, 872, 1083, 1085, 1148; 3/81, 92, 432, 478, 874, 978; 5/83, 165, 879

получение 1/468, 869, 1103, 1104; 2/87, 553, 1042; 3/413, 820, 974, 975; 5/746, 750

применение 1/1063; 2/220, 1226, 1227; 3/71, 776; 4/106, 108, 115, 975; 5/920

свойства 1/1018, 1159, 1215; 2/384, 388, 1181; 3/165, 255, 955, 958, 1053; 4/152, 323–325, 349, 813, 972–974

силицид 4/982, 983, 985

сплавы 1/819, 1063; 3/753; 5/80, 753

сульфаты 2/341; 4/1149

фосфаты 5/252

фосфид 4/973

халькогениды 4/584, 618, 619, 910, 973–975, 1023

хлорат 5/559

Талловые продукты

канфоль 2/602, 1165

масло 4/976, 153, 669, 726, 739, 741, 866, 903, 977; 2/228, 312, 602, 1164, 1165; 5/951

пек 2/1165; 4/977

D-Талоза 3/264

Тальк 4/977, 51, 92, 673, 677, 678, 978, 1007, 1116; 1/262, 563, 774, 807, 1035, 1208; 2/126, 330, 562, 733, 806, 1241, 1296, 1319; 3/165, 166, 328, 646, 805, 895, 991–993, 1197, 1265; 5/113, 208

Талькиты 4/978

Тальпа 3/1139

Талиум 5/672

Таммана–Удина метод 3/1161

Танабе–Сугано диаграммы 2/1059

Тангенс(ы)

метод кинетического анализа 2/757

угла диссоциационных потерь 2/207–210

Тангенциальный азеотроп 1/67

Тангстен 1/815

Тандемная масс-спектрометрия 2/1252, 1317

Таниды 4/978, 979

Таннинацидгидролазы 4/979

Танины 4/978, 979, 982, 1128; 1/674, 940; 2/235, 236, 977, 994, 1165, 1180; 3/126, 127, 492, 693, 1089; 5/135, 140, 515, 1052

Таптал 4/979; 3/490, 1068, 1069; 5/938

арсениды 4/981

бориды 4/981

галогениды 4/982, 980, 983, 984; 1/970; 2/926, 927, 933, 1037; 3/751; 5/555, 735

гидриды 4/980

гидроксид 4/981

карбиды 2/260, 624, 625, 736; 3/493, 1093; 4/980, 982, 984, 1008, 1009

металлаты 3/489, 617

нитриды 3/509; 4/980, 981

оксиды 4/983, 838, 979–982, 984, 985; 2/709, 1208

определение 1/120, 468; 2/84, 709, 710, 731, 1104; 3/272, 1044; 4/982; 5/128

перхлорат 3/990

питтинги 3/1087

получение 1/869; 3/88, 349, 492, 1069, 1070, 1077, 1193; 4/139, 142, 561, 567, 981, 983, 984, 1165; 5/833, 923

применение 2/51; 3/71, 87, 403; 4/835, 982, 1010; 5/730

свойства 1/1015, 1018, 1170; 2/1283; 3/74, 487, 955, 958; 959, 1093; 4/431, 434, 574, 584, 723, 813, 979–981, 983, 1009

силлициды 4/684, 981

соединения комплексные 1/364, 365; 2/621, 622, 1083, 1170; 3/975

– органические 4/985, 931, 986; 1/433

сплавы 4/984, 685, 708, 809, 982, 985, 1008, 1009, 1180; 1/987; 2/260, 548, 625; 3/88, 249, 483, 498, 754; 5/618

сульфаты 4/981

сульфиды 4/981

тиоцианат 4/1165

фосфиды 4/981; 5/256

Таиталаты 4/985, 575, 981, 984; 3/777

Танталит 3/490, 491; 4/464

Танталовые кислоты 4/981, 984, 985

Танталоинобаты 1/1018; 4/979; 5/73

Тара полимерная 3/1138, 1234

Тарелки 4/986–990

как насадки 4/277

кид 4/455

ректификационные 4/455, 457–461

теоретические 2/164, 165, 295, 1306, 1307; 4/453, 454; 5/625

Тарельчатые аппараты 4/986, 452, 987–990; 2/1306, 1307; 3/193, 196

См. также *Тарелки*

грануляторы 1/1187

насыщенные 3/339; 4/990

питатели 3/1083, 1085

пульсационные 4/271

фильтры 5/188, 189, 193, 194

экстракторы 5/831

Тартраты 1/726; 3/1088; 5/431, 719

Тартроновая кислота 1/1146

Тауматин 3/1090

Таураты 4/699

Тауриды 4/990, 929

Таурин 1/251; 2/278; 3/63, 619, 620; 4/923; 5/768

Таурохолевая кислота 2/278

Таутомеризация 4/990, 991; 5/359, 360

Таутомерия 4/990, 146, 267, 273, 302, 303, 416, 530, 555, 751, 936, 991–993, 1099, 1100, 1133, 1134, 1147, 1148, 1251; 1/89, 358, 455, 497, 524, 533, 1113, 1129; 2/70, 105, 106, 112, 122, 244, 247, 248, 346, 359, 368, 369, 412, 413, 437, 438, 454, 742, 783, 862, 1084; 3/28, 265–269, 279, 280, 310, 384, 537, 539, 542, 550, 597, 598, 684, 705, 749, 786, 1033, 1035, 1051; 5/37, 38, 219, 267, 278, 308, 375, 432, 535

амино-снанинная 4/992

анионотропная 4/991

ацилотропная 4/991

валентная 4/993

вырожденная 4/416

и молекулярные графы 1/1198

и тополимеризация 4/1215, 1216

имин-снанинная 2/421

имин-иминная 2/421

кажушаяся, см. *Псевдотворшение*

катионотропная 4/991

кетогенольная 1/455, 1216; 2/247, 364, 741; 3/688; 4/991, 992, 1269; 5/84, 943, 1030

кольчато-цепная 3/28; 4/267, 992, 993, 1144

лактат-лактимная (лактим-лактимная) 1/455; 4/992; 5/84

металлотропная 4/991

молекулярно-ионная 1/784

прототропная 1/174, 181, 746; 2/411, 421; 3/62, 549, 709, 951, 1033; 4/273, 991, 992; 5/97, 308, 359

сигматропная 4/993

трансанилиновая 4/1227

фотохимическая 5/353, 354

фотохромная 5/359, 360

электрохимическая 4/993

Тафта уравнение 4/993, 123; 2/954; 5/923

Тафта константа 2/645, 941

Тафта–Каме константы 2/942

Тафтси (тафтин) 3/400, 934

Тахидрит 1/956; 5/552

Тахикинины 5/1040

Тахмалин 1/105

Ташеттин 1/223

Тварон 4/1082

«Твердое пламя» 4/575

Твердость материалов 4/998, 441, 725, 808, 994, 995; 2/146, 304; 3/144, 145, 166, 167, 1116, 1167; 5/175

Твердофазные процессы. См. также отдельные процессы и их типы

выращивание монокристаллов 3/256, 257

детонационные 2/46, 47

и хемиллюминесценция 5/446

и хемосорбция 5/448

испарение, см. *Сублимация*

конденсация, см. *Капиллярная конденсация*

лазерные, см. *Лазерная химия, Лазеры химические*

низкотемпературные 2/1033–1035; 5/605

реакционные 4/411, 412–415; 1/548, 1218; 2/755, 912

– полноконденсация 3/1261, 1259

– полимеризация 4/999, 289, 412, 413, 1000, 1217, 1218; 3/947, 1266

– с самоускорением 1/18

– синтез 4/1000, 1001, 1002; 3/146, 147, 591–593, 930, 933, 934

– тополихимические 4/1216, 1217, 1218

– электролиз воды 1/785, 786

– эффект клетки 2/811

– – – компенсационный 2/868

Твердые материалы. См. также *Механические свойства, Твердые растворы, Твердые тела, отдельные виды материалов*

антифрикционные покрытия, см. *ТЗСПы*

горючие ископаемые, см. *Каустобиолиты*

золи 2/332

источники газов 3/1075

лазерные 2/1118–1120, 1123, 1124

смазки 4/1007, 141, 725, 978, 1008, 1115; 1/1194; 2/477; 3/243, 378

сплавы 4/1008, 808, 1007, 1009, 1010; 3/99, 418

сыпучие, см. *Сыпучие материалы*

топлива, см. *Газификация, Ракетные топлива*

Твердые растворы 4/1002, 356, 361, 556, 558, 563, 601, 639, 679, 680, 980, 1003–1007, 1174; 1/460, 461, 463, 536, 1191; 2/249, 254, 255, 259, 271, 334, 560, 1008–1010, 1147, 1201; 3/356, 491, 1192; 5/100, 101, 466

аномальные 4/1006

- видения 2/255, 271, 272, 1076, 1077, 1153; 3/75; 4/994, 1005, 1006, 1009
 вычитания 2/1153; 4/1005, 1006
 гетероалентные 4/1006
 диффузия 2/200
 законы Коновалова 2/899
 замещения 2/256, 370, 734, 1077, 1124, 1153, 1331, 1332; 4/994, 1004-1006; 5/861
 и интерметаллиды 2/478, 479
 и растворимость 4/357
 и соосаждение 4/760, 1006
 изоморфизм 2/370
 как лазерная среда 2/1119, 1124
 как полупроводники 4/107-110, 118
 как сверхпроводники 4/584
 как сверхструктуры 4/1005
 как сцинтилляторы 2/1228
 как фазы сплавов 3/99; 4/806. См. также *Амальгамы*
 «коллоидные» 4/1006
 легирование 2/1153; 4/1006
 непрерывные ряды 2/370, 371
 нестехиометрия 3/433
 полиморфизм 4/1003, 1004
 распад 4/1003
 регулярные и субрегулярные, см. *Решетки неэлектронитов*
 состояние, диаграммы 2/55, 59, 1039; 4/1002-1004
 – кристаллическое 2/1059; 3/226
 – критическое 2/1075-1077
 упорядоченные 2/479
 фосфоресценция 2/1223
 зиянтноморфизм 5/952
 Твердые тела 4/994, 462, 995-998. См. также *Твердые материалы*
 аморфные, см. *Аморфные соединения*
 анализ, см. *Локальный анализ*, *Фазовый анализ*, отдельные методы
 зонная теория 4/101, 103-105, 994-996
 как растворы, см. *Твердые растворы*
 кристаллические, см. *Кристаллы*, *Металлы*
 поверхность, см. *Поверхность твердых тел*
 свойства, см. *Механические свойства*, отдельные физические, физико-химические свойства, эффекты и явления
 солнечной системы 2/961-963
 состояние, см. *Диаграммы состояния*, отдельные его виды
 физико-химическая механика 5/171, 172; 2/860; 3/147, 1173. См. также *Механохимия*
 химия, см. *Твердофазные процессы*, *Химия твердых тел*
 электролиты, см. *Электролиты*
 Твини 3/1089, 1165, 1166; 4/769, 770; 5/949
 Твитчелла реактив (катализатор) 1/863; 2/304
 Твэлы 1/1004; 2/340; 3/142, 809, 874; 5/77, 78, 82, 503, 762, 767
 ТГФ, см. *Тетрагидрофуран*
 Тебани 3/274
 Теброфен 4/217, 218
 Тевион 3/1236
 Теднон 1/108
 Тедлар 3/1139
 Тейлекс 3/1139
 Тейлора рад 3/137
 Тейлора-Мак-Киллопа реакция 1/160
 Тейта уравнение 1/1215, 1217
 Тейхосые кислоты 4/1010, 1011; 3/927; 5/38, 254, 306
 Тейхуоновые кислоты 3/927
 Теклан 3/192
 Текнофлюны 5/397
 Текониды 1/296, 297
 Тексилборан 1/601
 Тексин 5/87
 Текстер Т 3/1220-1222
 Текстильно-вспомогательные вещества 4/1012, 49, 50, 580, 919, 927, 990, 1013; 1/656, 865, 867, 1142, 1209; 2/134, 634, 775, 992, 993; 3/284, 329, 367, 376, 716, 717, 730, 1211, 1228; 5/167
 авиационные 1/340; 3/718; 4/1012
 аппретирующие 2/94; 3/282, 1119, 1239; 4/738, 1013; 5/143, 669
 выравнивающие, см. *Выравниватели окраски*
 диспергирующие, см. *Диспергаторы*
 закрепляющие, см. *Закрепители*
 замасливающие, см. *Замасливатели*
 ингибиторы горения, см. *Антипирены*
 подсинивающие 1/657; 3/284, 1011; 5/62
 противозлектризующие, см. *Антистатики*
 смачиватели, см. *Смачивание*
 стабилизаторы, см. *Стабилизация*
 шликтоющие, см. *Шликтование*
 Текстильные нити, см. *Волокна*, *Нити*
 Текстолиды 4/1013, 163, 723, 844-846, 1014, 1039; 1/369; 5/134, 144
 «Текстон» 5/564
 Текстурированные материалы 2/1061, 1068; 3/404
 металлические кристаллы 3/75
 нити 4/1014, 89, 90, 1015-1017; 1/806; 3/1203-1206; 5/166, 232-234, 237
 руды 4/560, 561
 сплавы 4/808
 Тектогидраты 1/1078
 Текучесть
 и структурообразование 4/886
 квантовых жидкостей 2/299
 металлов 3/98
 полимеров, температура 4/1017; 1/873; 3/1116, 1118, 1119
 Телебрикс 4/478
 Теле-замещение 4/1017, 1018
 Телефонная кислота 2/974
 Телехелые олигомеры 3/742
 Теллера розетки 3/338
 Теллур 4/1018, 431; 5/493, 494, 938
 галогениды 1/612; 3/356; 4/1019, 1020, 1022, 1025
 гидрид, см. *Теллуридоводород*
 интерметаллиды 2/478, 479; 3/165
 карбид 2/737
 кислоты 4/1019, 1022, 1023; 5/438
 металлаты 3/516
 оксиды 4/1021, 615, 835, 1019, 1020, 1022; 1/137, 138; 2/672; 3/775
 определение 1/408, 615; 2/177, 205, 709, 1218; 4/1021
 органические соединения 4/1024, 1019, 1025, 1026; 1/958; 2/409; 3/765, 825, 826, 876; 5/309
 полимеры 3/419
 получение 1/869; 2/1043; 3/412, 1193; 4/591, 593, 1020-1022
 применение 1/137, 138; 2/1227; 3/93; 4/106, 114, 115, 835, 1021
 самородный 4/1018
 свойства 1/1015; 2/767, 1088; 3/419, 955, 958, 1000; 4/321, 349, 584, 813, 1019, 1020, 1025; 5/437, 438, 656
 сплавы 1/821; 2/453, 454, 1124; 4/502, 1021
 халькогениды 1/332, 935; 2/1234; 3/348, 754-756, 763; 4/632, 1020. См. также *Теллуриды*
 цинанид 5/702
 Теллуриды 3/166; 4/1019, 1022, 1024
 Теллуриды 4/1022, 111, 112, 118, 951, 1019, 1021, 1023, 1024; 2/334, 670, 1061; 3/165, 166, 312-314, 763, 774-776, 872, 873, 1129
 Теллуриновые кислоты 4/1024
 Теллуристая кислота 4/1019, 1022; 5/438
 Теллуристоводородная кислота, см. *Теллуристоводородная кислота*
 Теллуристы 3/166; 4/1019, 1021, 1022, 1024
 Теллуриновая кислота 4/1019, 1022; 5/438
 Теллуриноводород 1/777, 1079, 1080; 3/576; 4/1019, 1024; 5/437, 755
 Теллуриноводородная кислота 3/576; 4/1019, 1022, 1023
 Теллуриолы 4/1024
 Теллуриновые соли 4/1024
 Теллурионы 4/1024
 Теллурифен 4/1026, 1024
 Теллуриоклогексан 4/1024
 Телогены 2/1267; 3/743; 4/1026, 1027
 Телодрин 2/470
 Телониды 5/17
 Теломеризация 4/1026, 104, 1027, 1104; 1/140, 948, 956; 2/285, 646, 1267; 3/516, 800, 981, 1266; 5/776
 инициаторы 1/80
 ионная 4/1026, 1027
 конденсационная 1/151; 3/743
 координационная 4/1026, 1027
 радиационная 4/293
 радикальная 2/464, 466; 4/307, 312, 1026, 1027
 Теломеры, см. *Теломеризация*
 Телопептиды 2/856
 Темефос 2/472
 Темехин 1/979
 Темисал 4/774
 Темкина изотерма 2/692
 Темкина-Пыжева уравнение 1/276
 Темновые фотореакции 4/817; 5/332, 336, 341, 347-349, 362, 363
 Темные нефтепродукты 3/441-448, 462
 Темоциллин 2/1135
 «Темп», бумага 1/623
 Температура(ы) 4/1028, 1029, 1030
 абсолютная (абсолютный ноль) 4/825, 1028-1031, 1034, 1035, 1039; 5/465, 956
 адиябатического насыщения газа 2/542
 воспламенения и самовоспламенения 1/830, 831; 2/304; 3/447, 1187-1189; 4/571
 вспышки 1/838, 830, 831, 1175; 2/102, 103, 304; 3/447, 1020, 1187
 горения 1/1165-1170
 Дебая 3/66, 1092; 4/997
 дымообразования (дымления) 2/304
 замерзания (застывания) 2/102, 103, 1033; 3/216, 278, 446, 447, 457, 458, 828, 993
 и временная частотная суперпозиция, принцип 4/488
 и градиент концентраций 4/1074
 и диффузия, см. *Термодиффузия*
 и звуковая волна 2/1074
 и константы скорости, см. *Аррениуса уравнение*
 и магнитная восприимчивость 2/1237, 1238
 и максимальная работа реакции 2/1270
 и плотность 3/1145
 и сдвиг мессбауэровских спектров 3/66
 и теория подобия 3/1183-1185
 и теплопроводность 4/1043, 1053
 и энергия Гельмгольца (Гиббса) 4/1071
 измерение, см. *Пирометры*, *Термометрия*, *Термометры*
 изокINETическая 2/868
 индекс 4/1085
 истечения 2/306
 как параметр состояния 3/882, 883; 4/1028, 1065
 калориметрическая 2/574-576
 каплепадения 2/306; 3/1124, 1125
 коэффициент(ы) кинетический 4/1067
 – расширения тел 2/299, 304; 3/97, 98
 критические 1/923; 2/61, 761, 1072-1077; 3/335; 4/357, 370
 Кюри, см. *Кюри точка*
 ликвидуса и солидуса 2/1039
 мокрого термометра 1/906; 2/542; 4/954
 Нееля, см. *Нееля точка*
 низкие, см. *Криохимия*, *Холодильные процессы*
 подъема 2/306
 помутнения 3/283, 446
 перепад, метод выращивания монокристаллов 3/256
 приведенная 4/762, 763
 программирование в хроматографии 5/625, 626-628
 прокаливания осадка, см. *Термогравиметрия*
 просветления 2/286, 306
 растекания 2/306
 самовозгорания и самонагрева 4/571-573
 сваривания кожи 2/836
 скачок, метод 4/1031, 462, 1032; 3/141; 5/156
 скорость изменения, см. *Температуропроводность*
 стандартная 4/818
 стеклование, см. *Стеклоплавная температура*
 текучести, см. *Текучесть полимеров*
 термодинамическая 4/1028-1031
 тления 3/1187
 фазовых переходов 2/761; 3/97, 447, 828, 1091-1093; 4/1029; 5/98-103, 799
 Флори 2/1264; 4/370, 371
 хрупкости полимеров 5/639, 640; 3/1116, 1118, 1119
 цветовая источника света 5/315, 316
 шкалы 4/1028, 1076, 1077
 эксергетическая 5/806
 эмпирическая 4/1028, 1029
 Температуропроводность 3/946, 948, 1183-1185; 4/1045, 1046; 5/30, 31
 Темплатный синтез 2/1326; 5/385
 Темплеи 4/22, 23
 Тенайт 5/1001
 Тенара сине 2/821
 Тенардит 1/956; 3/347, 361
 Тезиметрия 4/1032, 1033, 1034
 Тензометрические весы 1/685, 696; 2/219
 Тензорезистивный эффект 2/1283
 Теннатит 3/304
 2-Теоилтрифтороацетон 4/1034; 1/541; 2/731, 1214; 5/802
 Тениоран 1/1030
 Тениорит 2/1331
 Тенсиметрические пики 1/809
 Теобромин 2/180, 1084, 1085; 4/268, 269, 274, 275, 774, 775; 5/218, 708
 Теобромин-натрий 4/774, 775
 Теоникол 2/1085
 Теорема
 вирнала 1/727
 Гленсдорфа-Пригожина 3/841
 Карно 4/1028
 Купманса 2/1104; 3/233, 778; 4/122, 152
 Онсагера 3/947; 4/831, 1068
 Планка 4/1035
 л-подобия 3/1185
 Пригожина 2/848; 4/1068

- тепловая 4/1034, 825, 1035, 1039; 5/465, 955, 956
Хосеберга-Кона 5/875
Эйлера 4/1072
- Теоретические ступени разделения (тарелки) 2/164, 165, 295, 1306, 1307; 4/453–455, 459, 460
- Теория(и). См. также именные теории абсолютных скоростей реакций 1/121–125
- адсорбции 1/56–59
активных ансамблей 1/1059
возмущений, см. *Возмущения в системах*
горения 1/1165–1169
графов 1/1196, 1197–1202; 2/539; 3/322; 4/1214
дифракции 2/188, 189
ДЛФО, см. *Коагуляция*
дуалистическая 3/572
зарождения новой фазы 2/317, 318
зонная 4/101, 103–105, 994–996
кислот и оснований 2/778–780, 782, 783
«ключ–замок» 1/558
мультиплетная катализа 1/1059
напряжения молекул 3/330
обновления поверхности 2/1303
объемного заполнения микропор 1/58, 59
орбиталей, см. *Граничных орбиталей теория*
окисления 1/558; 2/756
октетная 5/460, 461, 463
перестройки цепей 5/246, 247
переходного состояния, см. *Активированного комплекса теория*
периодической системы 3/959, 960
подобия 3/1180, 193, 947, 1181–1186; 1/1105; 2/543, 1257, 1301; 4/351
полей, см. *Кристаллическое поле*, *Лигандов поле*
радикалов 3/785; 5/509
растворов 4/367–369, 374–376, 409, 411; 5/923
реакционной способности 2/724; 4/417
резонанса 4/446, 447, 767, 1132; 1/666; 3/29, 787
решеточные 2/301
спин-валентности 5/461
столкновений 4/870, 871, 872; 1/123–125, 548, 925; 2/41, 124, 754; 3/238, 259, 1055
стохастическая жидкофазных реакций 4/424
структурная жидкостей 2/302
типов 3/572, 785
флогистона 3/412; 5/508, 510
флуктуационная, см. *Критические явления*
функционала электроинной плотности 4/420
хемосмотическая 3/669
химического строения органических соединений 3/204, 205, 572, 786; 5/509, 510
хиноидная 5/651
цветности 5/645–651
- Теофиллин 2/180, 181, 1084, 1085; 3/107; 4/268, 269, 274, 275, 774, 775; 5/270, 707, 708
- Тепловая теорема 4/1034, 825, 1035, 1039; 5/465, 955, 956
- Тепловые процессы (методы, явления). См. также *Теплоносители*, *Теплообмен*, *Термические процессы*, отдельные химические и химико-технологические процессы
азыва 1/702, 828
воспламенение 1/828–830
горение 1/1164; 4/342
- десорбция в хроматографии 5/625, 626
дефектоскопия 2/48, 49
и загрязнение окружающей среды 3/864, 865
и защита объектов, см. *Теплоизоляционные материалы*
излучение как фактор пожара 3/1186
накачка лазеров 2/1116, 1118
оборудование, см. *Тепловые устройства*, *Теплообменные аппараты*
поляризация и пробой диэлектриков 2/206, 208
самовозгорание 4/573
«смерть Вселенной» 1/840
термография 2/289; 4/501, 508, 509, 1006
экзо- и эндотермические, см. *Тепловые эффекты реакций*, *Экзо- и эндотермические реакции*
- Тепловые устройства
анализаторы 1/915; 2/293
вакуумметры 1/662, 663
извещатели загорания 4/666, 667
калориметры 2/576
манометры 2/1284
насосы 1/852; 2/885; 3/339; 4/460, 805
- Тепловые эффекты реакций 4/1035, 1029, 1030, 1036–1038, 1040, 1057, 1085, 1086, 1210; 2/293, 302, 663, 902, 1182; 5/464, 688, 690. См. также *Теплоты*, *Экзо- и эндотермические реакции*
и адсорбция 1/54, 55
и растворение газов 1/5, 6, 9, 14, 1046
и смачивание 2/1182
и температура, см. *Кирхгофа уравнение*
и энергия активации 4/421
– – , принцип соответствия 2/693
определение, см. *Гесса закон*, *Калориметрия*, *Термохимия*
постулат Хэммонда 5/642
- Теплоемкость 4/1038, 825, 997, 1039, 1040, 1085, 1086; 1/925; 2/574–576, 1072, 1111, 1168; 3/395, 413, 1183–1185; 5/97, 102, 103, 464, 955
- Теплоизоляционные материалы 4/1041, 446, 724, 772, 834, 847, 893, 1042, 1043; 1/1, 2, 1028; 2/733, 734, 806, 1028, 1166; 3/361, 417, 418, 437, 438, 646, 806, 904, 906, 1003, 1234; 5/42, 138, 307. См. также *Теплостойкость полимеров*
- Теплоносители 1/64; 2/185, 562, 952, 1011, 1202; 3/349, 744, 807, 1065; 4/265, 557, 1043, 1045, 1047, 1050–1053, 1060, 1095
- Теплообмен 4/1043, 1044–1053; 2/1254, 1256; 5/169, 170
аппаратура, см. *Теплообменные аппараты*
и абляция 1/1
и горение 1/1164–1168
и защита объектов, см. *Теплозащитные материалы*
и коррозия металлов 2/956
и макрокинетика 2/1254–1261
и массообмен 4/1043
и тепловые эффекты, см. *Тепловые эффекты реакций*, *Теплоты*
процессы 1/1183; 2/162–165, 540–543, 760–763, 890–894, 1040; 3/1099, 1101, 1102, 1141, 1143; 4/261–263, 271, 452–461, 956–959; 5/227–229, 715. См. также *Тепловые процессы*, *Холодильные процессы*
– графы 1/1198–1201
– подобие 3/1181, 1183–1185
- Теплообменные аппараты 1/708, 1105, 1196; 2/163, 168, 1300; 4/272, 401, 402, 596–604, 1050–1053; 5/301
- Теплоотдача 3/1183–1185; 4/1043, 1045–1047, 1049, 1050
- Теплопередача 4/1043, 1048, 1049, 1053, 1065, 1069
- Теплопроводность 4/1053, 831, 870, 997; 1/830, 885, 915; 2/44, 45, 50, 224, 293, 304, 305, 1255; 3/97, 98, 1183–1185; 5/30, 33, 102
бесконтактная, см. *Самоорганизация*
защитных материалов, см. *Теплоизоляционные материалы*, *Теплостойкость полимеров*
и релаксация 4/463
как перенос теплоты 3/947; 4/1043–1047, 1049–1051
необратимость 3/644; 4/1073
- Теплород, см. *Флогистона теория*
- Теплостойкость полимеров 4/1053, 1054, 1084; 1/630, 631, 645; 3/1116, 1120, 1210, 1217, 1219, 1235, 1240, 1249, 1250
- Теплоты(а)
адсорбции 1/55
диссипации 3/645
и температура, см. *Температура*, *Теплоемкость*
и энтропия 5/955
максимальное выделение, принцип 4/1085
нескомпенсированная 3/645
носителя, см. *Теплоносители*
образования 4/1037; 5/954
перенос, см. *Теплообмен*, *Теплопроводность*
перехода, см. *Фазовые переходы*
постоянство количества, закон 3/413
растворения 4/1037, 1086
реакций, см. *Тепловые эффекты реакций*
рекуперация 4/460
сторания 4/1037, 1057, 1210
- Тербан 1/629
- Тербаил 1/1032
- Тербий 4/1054; 5/938
получение 1/875; 3/413; 4/435, 571, 1055
применение 2/548, 1226, 1227, 1240, 1243; 4/1055
свойства 1/341; 3/957, 958, 961; 4/432–434, 1054, 1055; 5/164
соединения 1/672, 823; 2/227, 1147; 4/435, 436, 438, 1054, 1055; 5/162
- Тербутилин 1/318
- Тербуфос 3/405
- Тергаль 4/87
- Терел 4/87
- Терефталевая кислота 4/1055, 26, 1056; 1/375, 513, 514, 644, 996, 1161; 2/95, 107, 108, 396, 809, 1045, 1091, 1093; 3/79, 257, 450, 667, 946, 1125, 1201, 1221, 1252; 5/377, 378, 729
азид 4/134
амиды 4/1056; 5/381
динитрил 3/673, 946; 5/381
дихлорангидрид, см. *Терефталохлорид*
как мономер, см. *Полиэтилентерефталат*
эфир 4/840, 1055. См. также *Диметилтерефталат*
- Терефталевый альдегид 1/86, 509; 3/966; 5/729
- Терефталохлорид 4/1056, 58, 60, 1055; 1/994, 996; 3/1213
- Теризидон 4/241, 242
- Терилек 4/87–91; 5/647
- Теринон 2/598
- Терконал 4/228, 229
- Терленка 4/87
- Терлон 1/805; 4/1082
- Терлуран, см. *АБС-пластик*
- Термализация 5/351
горячих атомов 1/1178
- Термаллон 2/1243
- Термалон 2/619, 620
- Термальные воды
- Термар 5/371
- Тер Меера реакция 3/531, 557
- Тер-Мейлена метод 4/1056
- Термик 1/831
- Терминальные соединения 2/310–312, 622, 786, 1236; 3/983; 5/199, 439
- Терминация
репликация 4/495, 497, 498
транскрипции 3/589, 595, 601; 4/1229–1231
трансляции 3/589, 595; 4/1232, 1235, 1236
- Термисторы 1/678
- Термит 4/1056, 1057; 1/1169; 2/255, 310; 3/972
- Термические процессы. См. также *Тепловые процессы*, отдельные термические процессы и их группы
аналитические, см. *Термический анализ*
в полимерах, см. *Термоокислительные процессы*
высокотемпературные, см. *Высокотемпературные процессы*, *Термоконтактные процессы*
газоочистка 1/903, 904
генерирование свободных радикалов 2/464, 465
гидродеалкилирование 1/1089
гидросилилирование 1/1108
гомолитические 2/466
графитизация 4/16
диссоциация, см. *Термодиссоциация*
диффузионные, см. *Термодиффузия*
золотое крашение 2/151, 152
и материалы, см. *Термоматериалы*
карбонизация 2/640
компрессонные, см. *Термокомпрессионные процессы*
лазерные 2/1122, 1123
окислирование 3/695
переработка минерального сырья и древесины 1/620; 2/937; 3/200, 201, 520, 630; 4/632, 808. См. также *Варка*, *Обжиг*, *Печи*, *Сплавление*
– отходов, см. *Отходы производства и потребления*, *Сточные воды*
– полимеров, см. *Переработка полимерных материалов*
– порошков, см. *Спекание*
пиролитические, см. *Пирогидролиз*, *Пироллиз*
получение, обработка металлов и сплавов 2/259–262; 3/71, 1000, 1001; 4/808. См. также *Металлотермия*, *Пирометаллургия*, *Рафинирование*
проявление фотоизображения 5/327
равновесные, см. *Термическое равновесие*
расщепление и разложение 1/1049, 1050; 2/36, 639, 750. См. также *Термоллиз*
рифформинг 4/526
свечение веществ, см. *Термолюминесценция*
сжигание 3/1000, 1001, 1056, 1069; 4/320, 321, 615, 616, 634
сублимация 3/1000
уравнение адсорбции 1/54
– состояния 5/69
фореэ 1/448; 2/156
химические, см. *Реакции химические*, *Химико-термическая обработка*, *Термохимия*

- Термический анализ 4/1057, 357, 880, 1085; 2/57; 5/100
гравиметрический, см. *Термогравиметрия*
дериватография 2/35, 36; 4/424, 1058, 1061
дефектоскопия 2/48
кондуктометрический 1/885, 915; 2/293; 4/667
магнитный 1/887, 915; 2/768
механический 2/35
минерализация 3/168
химический 1/885, 886, 915; 2/293, 768; 4/666
электретный, см. *Термодеполяризационный анализ*
- Термическое равновесие 3/1094; 4/1028, 1029, 1073; 5/99, 359
Термоантратит 1/1194
Термобатареи 2/574–576
Термовесы 4/1061, 1062
Термовилы 3/1236
Термолаглопластичные волокна 1/623
Термовывешивание 2/1062
Термогравиметрия 4/1061, 1057, 1058, 1062, 1085; 1/686, 687, 1182; 2/35, 36, 293, 712
Термография 2/289; 4/501, 508, 509, 1006
Термодеполяризационный анализ 4/1062; 5/836
Термодинамика 3/644
абсорбции 1/4–7
адсорбции 1/53–56, 59, 60
и циклические режимы 5/717
кристаллических структур 2/1063
начало второе 1/839, 573, 762; 3/841, 936; 4/825, 1028, 1066, 1085, 1211; 5/464–466, 593, 955–957
– нулевое 4/1028
– первое 3/935, 936; 1/761, 869; 4/825, 1028, 1066, 1085; 5/464, 955
– третье, см. *Тепловая теорема*
необратимых процессов 4/1065, 463, 823, 829–832, 1030, 1063, 1064, 1066–1070; 1/839, 840; 2/196, 848, 1255; 3/645, 841, 946; 5/178, 473, 506, 918, 919, 956
неравновесная 4/1062–1070; 5/466
равновесная, см. *Термодинамическое равновесие*
систем, см. *Термодинамические системы*
статистическая, см. *Статистическая термодинамика*
химическая, см. *Химическая термодинамика*
электрохимическая 5/466
Термодинамически подобные вещества 4/763
Термодинамические потенциалы 4/1071, 823, 1063, 1064, 1072, 1073; 1/762, 1111; 2/513, 1073, 1183; 5/69, 99, 100, 505, 506, 955
теплосодержание, см. *Энтальпия*
энергия внутренняя, см. *Внутренняя энергия*
– свободная, см. *Гельмгольца энергия*, *Гиббса энергия*
- Термодинамические системы. См. также *Термодинамика*
закрытые, см. *Закрытые системы*
замкнутые 2/351, 361, 362, 672, 690
зарождение новой фазы 2/317, 318
иерархические 4/1062, 464, 574, 1063, 1064; 5/466, 511
изолированные, см. *Изолированные системы*
изотопные эффекты 2/385
открытые, см. *Открытые системы*
равновесие, см. *Термодинамическое равновесие*
- растворы 2/1077; 4/362–366, 372–376, 404
состояние, см. *Параметры состояния*, *Термодинамические потенциалы*
температура 4/1028–1031
тонких пленок 4/1206, 1207
устойчивость 4/1071
Термодинамическое равновесие 4/1073, 462, 463, 1065, 1069, 1071, 1074; 2/1168, 1183; 3/882; 5/97, 102–104, 464
и гибкость макромолекул 2/1264, 1265
и маскирование 2/1294, 1295
и матричные эффекты 2/1326
и релаксация 4/1073
квасистатическое 3/1094, 1095, 1098–1102; 4/1074
локальное 4/1030, 1066, 1069, 1074
метастабильное 2/859; 4/1074
параметры 3/882, 883; 4/1064, 1071–1073
термическое, см. *Термическое равновесие*
принцип Гиббса 4/1073, 1074; 5/100, 464
– Ле Шателье – Брауна 2/1168; 1/1215, 1216; 3/427; 5/446
фазовое, см. *Фазовое равновесие*
химическое, см. *Химическое равновесие*
экстракционное 5/825–826
Термодиссоциация 2/158, 1125–1127; 3/1031, 1069. См. также *Ионно-молекулярные реакции*, *Ионы в газах*
Термодиффузия 1/448; 2/393, 541, 542; 3/947; 4/831, 1067
в ядерных реакциях 5/4, 5
разделение нефтяных фракций 4/1074; 2/196
Термокомпрессионные процессы
окислоразложение 3/695
формование 4/15
Термоконтактные процессы
деметаллизация 2/32
коксование углей 4/702
крекинг 2/844; 4/1059, 1060. См. также *Каталитический крекинг*
пиролиз нефтяного сырья 3/1065
сублимирование 2/1023
циклорасщепление 2/639
Термолиз 3/1236
Термолиз 4/1075, 32, 909, 925, 1124, 1134, 1205; 2/135, 622, 623, 965; 3/28, 722, 765, 976; 5/432, 580
высокотемпературное разложение, см. *Пиролиз*
и тин-тиольная перегруппировка 4/1143
по Кэрролу–Каймелу 2/1110
по Ньюмену–Кварту 3/606, 607
радикальный 2/465, 526; 4/552
Термолизин 4/1075; 1/477
Термолюминесценция 4/1075, 1076; 2/220, 589, 1062; 5/214
Термомагнитооптический эффект 2/292
Термоматериалы
клеи 2/803, 807, 809
пигменты и краски 2/603; 3/1011, 1012
пластики, см. *Термопласты*, *Термоластопласты*
пленки 3/1135, 1136, 1138
покрытия 2/1129, 1289
реактивные, см. *Терморективные материалы*
сплавы 2/1243
стойкость, см. *Термостойкие материалы*, *Термостойкость*
фосфаты 5/305, 306
Термометрические вещества 4/1076–1081
- Термометрические свойства 4/1076–1081
Термометрические шкалы 4/1028, 1076, 1077
Термометрия 4/1076, 1028, 1077–1081; 5/16, 172. См. также *Температура*, *Термометры*
Термометры 4/1077, 1028, 1078–1081; 1/756, 991; 2/573–576. См. также *Пирометры*, *Термометрия*
Бекмана 3/217
мокрый 1/906; 2/542; 3/1183, 1185; 4/954
сопротивления 2/574, 575; 3/1130, 1134; 4/1079, 1080
электропреобразователи, см. *Термопары*
эталонные 1/1004
Термонатрит 3/356–358
Термоокислительные процессы
адсорбция 1/903
в полимерах 1/846; 2/38–44, 310, 704, 1013; 3/1114, 1115; 4/814–816, 822
Термоосаждение 2/1130, 1131
Термоосмос 2/1300
Термопары 1/1192; 2/492, 574; 3/484, 510, 647, 1009, 1129, 1134; 4/467, 534, 785, 809, 834, 1057, 1061
Термопласты 1/308, 623, 1188; 2/516, 619, 803, 804, 806–809, 878, 880, 1002, 1053, 1081, 1129; 3/86, 145, 327, 436, 568, 802, 902, 903, 905, 907, 1119–1122, 1135–1140, 1196, 1197, 1213, 1224, 1227, 1228, 1235, 1236, 1249, 1251–1254; 4/1–17, 22, 28, 29, 33, 40, 41, 43–45, 58–60, 63, 80–82, 140, 142–144, 163, 164, 449, 583, 716, 844–846, 970, 1013, 1015, 1016; 5/41, 134, 136, 137, 572, 725, 984, 992. См. также *Термоластопласты*
Терморективные материалы
клеи 2/803–807
олигомеры 2/1016, 1017; 3/34, 35
пластмассы, см. *Реактопласты*
фотобумага 4/507
Терморезисторы 1/679, 885, 886; 4/1080
Термосенсибилизация 2/1149, 1151
Термоскоп Галилея 4/1077
Термостабильность, см. *Термостойкость*
Термостатирование 1/845; 5/595–597, 626
Термостойкие материалы. См. также *Термостойкость*
взрывчатые вещества 4/1082, 1254; 1/608, 706, 1000
волокна 4/1082, 26, 48, 58, 61, 1083, 1084; 1/802; 2/324, 397; 3/674, 802–804, 1202, 1205, 1210, 1214, 1237, 1249
– трудногорючие 5/22; 4/1083
клеи 3/1067
лакокрасочные 2/603, 1129; 3/1011, 1012
полимеры 4/1084, 1082, 1083, 1085, 1100, 1104; 1/579, 580; 2/118, 360, 701, 706; 3/542, 1116, 1119, 1137, 1139, 1210, 1217–1219, 1240, 1247, 1248, 1250, 1259
ситаля 4/707
смазки 1/345; 3/1123–1126
Термостойкость 4/1084, 1082, 1083, 1085; 3/991, 1113, 1119, 1234. См. также *Термостойкие материалы*
Термотропные полимеры 2/287, 289; 3/1213
Терморез 1/448; 2/156
Термохимия 4/1085, 666, 1037, 1086, 1087; 1/778, 786, 885, 886, 915; 2/293, 464–466, 497, 768; 3/201, 630, 935; 5/464, 466, 509. См. также *Термические процессы*
- основной закон, см. *Гесса закон*
теплоты реакций, см. *Калориметрия*, *Тепловые эффекты реакций*
Термохромы 1/524; 3/973
Термоциклирование метод 3/257
Термоэле 3/97
Термоластопласты 4/1087, 2, 28, 29, 55, 56, 445, 766, 870, 1088, 1089; 1/572, 648, 1045; 2/99, 100, 375, 705–708, 1267; 3/327, 1221, 1267; 5/85, 87, 984
Термоэлектроты 5/835, 836
Термоэлектронная эмиссия 3/97
Термоэлементы 1/134; 2/486; 4/1079, 1080
Термоядерный синтез 2/25, 1120, 1128; 3/32, 872; 5/4, 5, 33, 1018, 1020, 1022
Тернилацетат 2/237; 4/1094
Тернилкамбиксиды 4/576
Тернилфенолы 4/715, 1089, 1090
Тернилциклогексанола 3/292, 293; 4/576
Тернилциклогексанолы 3/292, 293
Терпеновые углеводороды, см. *Терпены*
Терпеноиды 1/342, 606; 2/743, 966; 3/379, 380; 4/428, 1092; 5/515, 527–529, 957, 1042, 1051. См. также *Дитерпеноиды*
Терпентиновое масло 3/847; 4/714, 5/1005
Терпены 4/1091, 659, 714, 1090, 1092, 1093, 1262; 1/142, 659, 660; 2/11, 747, 787; 3/292, 293, 786, 869, 1242–5/21, 66, 738, 746, 1004, 1042
бициклические, см. *Дитерпены*
Смоляные кислоты, *Фенхены*
метаболиты 3/621
моноциклические 1/342; 2/283, 284, 457; 3/59; 4/1090–1092; 5/438, 1005, 1042. См. также *Камфен*, *Карены*, *Ментандиены*, *Пинены*
Терпинены
номенклатура 3/573
определение 5/542
осерненные 4/173
перегруппировки, см. *Камфеновые перегруппировки*
полициклические, см. *Политерпены*
полутерпены, см. *Сесквитерпены*
смеси, см. *Скипидары*
смола 4/1089, 715, 1090; 3/1027
сопутствующие соединения, см. *Терпеноиды*
спирты 4/1090, 576, 1091; 1/660, 697; 2/237; 3/292, 293; 5/208
трициклические 4/1092. См. также *Ланостерин*, *Сквален*
хлорированные 2/470
Терпин 4/1090, 1091
Терпингидрат 2/1179; 3/847, 848, 1027; 4/714, 715, 1091, 1093, 1094; 5/746
1,8-Терпиндиацетат 5/746
Терпинены 4/1093, 1092, 1094; 1/393; 3/58, 1027; 5/114, 746, 1004
Терпинеолы 4/1093, 714, 715, 1090–1092, 1094; 2/237, 601, 1165, 1179; 3/1027; 5/746
Терпинолен 3/58, 1027; 4/714, 1092–1094; 5/746
Терполимеры 5/991–993
Терраинин 4/1109, 1110
Тертиапин 5/1039
Терфан 3/1139
Терфенилы 4/1094, 61, 1095; 1/373, 567, 1158
1,1',4',1''-Терциклогексан 1/141
Тесил 4/90
Теслар 3/1139
Теслы трансформатор 4/667
Тессеральные орбитали 3/778, 779
Тестостерон 1/291, 300; 4/228, 236

- Тетрациклический 1/328
Тетраазинден 5/323
Тетраазатетрабензопорфирин 5/383
1,4,8,11-Тетраазапиримидинтетрадекан
2/526, 665
Тетраалкиламмониевые соединения
1/606, 1093, 1180; 3/936, 973, 1238;
4/200; 5/990
Тетраалкилгерманы 1/1039
Тетраалкилдиразины 1/1072
Тетраалкилдиалогенетаны 3/1026
Тетраалкилолово 3/763
Тетраалкилпирозины 3/1077
Тетраалкилтиомочевины 5/700
Тетраалкилтитанаты 2/140
Тетраалкилтиурамсульфиды 1/162;
4/1143
Тетраалкилфосфонийгалогениды
4/1102
Тетраалкилэтилены 3/1026
Тетраалкоксисиланы 1/423
Тетрааллиламмонийхлорид 1/175
Тетраамины 3/1213, 1217; 4/69, 70
Тетрааминимиды 2/1173
Тетраантримиды 1/944
Тетраарилгерманы 1/1039
Тетраарилдиразины 1/1073
Тетраарилены 2/1103
Тетраарилтеллуры 4/1024, 1025
бис-Тетраарилциклопентаденионы 4/61
Тетраацетилглюкоза 1/348
Тетраацетилэтан 1/428
Тетраацетилэтилдиамин 4/699*
Тетраацетоксисилан 2/1020
Тетраборан 1/588, 590
Тетраблаты 1/580, 581
3,3',5',5'-Тетрабромбензидин 1/490
4,5,6,7-Тетрабромбензо-2,1,3-тиадиазол
1/526
3,3',5,5'-Тетрабромбисфенол А 3/1252,
1253
1,2,3,4-Тетрабромбутан 2/85
3,3',5,5'-Тетрабром-4,4'-диаминодифе-
ниловый эфир 2/80
1,2,4,6-Тетрабром-1,2-дигидро-1,3,5-
триазин 4/1249
5,5',7,7'-Тетраброминдигидро 2/441
Тетрабром-м-крезолсульфоталееи
4/936
Тетрабром-п-ксилол 3/908
Тетрабромметан 3/738; 5/776
Тетрабромпирокатехин 3/693
Тетрабромфенолсульфоталееи 4/936
Тетрабромфлуоресцеины 2/1082, 1217;
5/957
Тетрабромфталевый ангидрид 3/1201
Тетрабром-о-хинолин 1/505
1,2,6,6-Тетрабром-1-циклогексен-3,4,5-
трион 3/1054
Тетрабутиламмониевые соединения
2/14, 1106; 3/24; 4/397
1,3,6,8-Тетра-трет-бутил-9-карбазил
4/302
Тетра-трет-бутилтетраэдран 3/332
Тетрабутилтиурамсульфиды 1/162
Тетрабутоксисиланы 1/171; 4/445
Тетрабутокситан 3/1201, 1221
Тетрабулфраты 1/822
1,4,5,8-Тетрагалогенантрахиноны
1/943, 944
Тетрагалогенизофталевые кислоты
2/396
Тетрагалогениметаны 2/10
Тетрагалогенипролы 3/1078
3,7,10,11-Тетрагалогенифенилен
4/1095
Тетрагерманиевая кислота 1/1034,
1035
Тетрагидридоалюминаты 1/220
Тетрагидридолаты 1/590-592; 5/400
Тетрагидроантрахиноны 1/350; 3/389
Тетрагидроаценафтен 1/418
Тетрагидробензойная кислота, эпокси-
производное 5/963
1',2',9',10'-Тетрагидро-1,2-бензопи-
рен 1/519
5,6,7,8-Тетрагидробиоптерин 4/1095
Тетрагидридолаты 1/590-592
1Н-Тетрагидро-1,2-дизапины 2/65
Тетрагидридобензотрифен 2/89
2а,3,4,5-Тетрагидро-1,2-дигидрокси-
аценафтен 1/419
Тетрагидрозохинолины 1/145, 568;
2/397, 398; 3/1021-1023; 5/947
Тетрагидроиндазолы 2/411
1,2,3,4-Тетрагидрокарбазол 2/618;
4/234
Тетрагидрокарболины 2/636; 3/1022
Тетрагидроксинантрацен 2/440
1,4,5,8-Тетрагидроксиантрахион 2/79
1,4,5,8-Тетрагидроксиантрацен 2/79
Тетрагидроксibenзойная кислота
1/533
Тетрагидроксibenзохион 3/723, 724
Тетрагидроксидифенил 4/234
Тетрагидроксикарбоксиантрахион,
гликозид 2/973
Тетрагидроксиметилфосфонийхлорид
5/278
Тетрагидроксинеопентан 3/916
11β,16α,17α,21-Тетрагидроксипрегна-
1,4-диен-3,20-дион 2/959
Тетрагидроксифлавоны 2/973; 5/200
11β,16α,17α,21-Тетрагидроксиге-
фторипрегна-1,4-диен-3,20-дион
2/959
4,2',4',6'-Тетрагидроксикалкон 5/202
N,N,N',N'-Тетра(2-гидроксиэтил)-ме-
тилендиамин 5/975
Тетрагидролариксол 2/1148
Тетрагидролаинол 2/1285
1,2,3,4-Тетрагидронафталин 3/372;
4/1101
1,2,3,4-Тетрагидронафталин-1,2,3,4-
тетраон 3/719
Тетрагидронафтаценхион 1/356
Тетрагидронафтиридин 3/384
Тетрагидро-1,4-оксазин 3/275, 276
Тетрагидро-1,2-оксазол 1/1095; 3/679
Тетрагидропалаверин 3/880
Тетрагидропериллен 3/950
Тетрагидропираноны 3/324, 1073
Тетрагидропираны 2/325, 912; 3/1038,
1039; 5/1042
4,5,9,10-Тетрагидропирен 3/1039
Тетрагидропиридины 2/418; 3/1046
Тетрагидропирол 3/1080
Тетрагидропорфирин 5/574
5,6,7,8-Тетрагидроптеридин 4/270
Тетрагидро-1,2,4,5-тетразинылы
1/683, 684
Тетрагидротиазолы 4/117
Тетрагидротисенильная группа 2/325
Тетрагидротипирам 2/325; 4/1143
Тетрагидротрифен 1/644; 3/653;
4/924, 926, 1157
Тетрагидротрифенилмид 5/417
Тетрагидро-сим-триазины 1/1033
1,2,3,4-Тетрагидрофеантрен 5/117
2,3,5,6-Тетрагидро-6-фенилмидлазо
[2,1-б]тиазол 2/1151,1152
1,2,3,10б-Тетрагидрофлуорантен 5/212
Тетрагидрофолат 3/470
Тетрагидрофолатдегидрогеназа 4/1095,
1096; 5/215
Тетрагидрофосфиевая кислота 1/610;
2/969; 4/231, 524, 901; 5/215, 225
5,6,7,8-Тетрагидрофталат 4/1095, 1096
Тетрагидрофталевая кислота 1/299,
585, 628
Тетрагидрофталевый ангидрид 2/1274;
3/1201; 4/91
Тетрагидрофуран(ы) 4/1096, 31, 313,
343, 359, 500, 501, 512, 750, 751, 803,
869, 873, 1097, 1098, 1131, 1143;
1/46, 47, 430, 644, 677, 1180, 1203;
2/248, 297, 532, 533, 620, 670, 698,
798, 1144, 1147, 1266, 1274; 3/506,
557, 744, 760, 803, 1080, 1266; 5/429,
434, 439, 701, 702, 790, 817, 1058
Тетрагидрофуриловый спирт 4/175,
1097, 1098
Тетрагидрофуриловая группа 2/325
Тетрагидрофуриловый спирт
4/1097, 1098; 3/1039; 5/434
1,2,3,4-Тетрагидрохинозолины 5/520
1,2,3,4-Тетрагидрохинолин 3/574;
5/526
Тетраглицозиддиглицериды 1/1131
Тетраглим 1/114, 590; 5/775
Тетраглицетилгексасилоксан 3/806
Тетраглицетановая кислота 1/863, 864;
2/643, 644
Тетраглицетамин 3/706
2-Тетраглицетамин-1,4-нафтохион
3/706
Тетраглицетилловый спирт 1/866
Тетраглицетин 1/733; 4/1018
Тетраглицетин 1/108
Тетразен(ы) 4/1098, 1099, 1100; 1/93,
706, 1073; 2/466, 467; 3/508
Тетразины 1/684; 2/76; 3/1089
Тетразолилы 5/219
Тетразолы 4/1099, 1100; 1/74, 85, 292,
684, 712; 2/466, 467; 3/514, 591;
5/219, 220, 784, 785
Тетраин 3/1249
Тетраинодоурат-ионы 2/332
Тетраинодсилан 2/1028, 1029
3,3',5,5'-Тетраинодтиринин 4/1171
Тетраинодфлуоресцеин 2/1082, 1217
Тетракалийпирозофосфат 4/699
3,3',4,4'-Тетракарбоксибензофенон
3/1245
3,3',4,4'-Тетракарбоксидифенилоксид
3/1245; 4/71
Тетракарбоксифосфораны 5/293
Тетракарбонилжелезо 2/252, 253, 275,
276
Тетракарбонилникель 3/473, 475, 480,
486, 576, 580
Тетракарбонил(η-циклопентадиенил)-
ванадий 1/676; 3/81
Тетракарбоновые кислоты 2/80, 1275;
3/953, 1213, 1245, 1247, 1258; 4/71
Тетракетаны 2/924
Тетракисазоксиды 2/996
Тетракисазановая кислота 1/827
Тетралины(ы) 4/1101, 1114; 1/520,
2/26, 1224, 1225; 3/292, 293, 372,
373, 388, 463
α-Тетралол 4/1101
Тетралоны 1/652; 4/1101; 5/793
Тетрам 4/1163
Тетрамеризация 5/385, 729
2,2,5,5-Тетраметилдипириновая кислота
1/668
Тетраметиламмониевые соединения
3/125, 973; 4/675; 5/702, 998
1,2,4,5-Тетраметилбензол 1/375;
2/236
Тетраметил-1,4-бензохионин 3/476;
5/533
трис-(2,2,6,6-Тетраметил-3,5-гепта-
дионато)европий 4/605
Тетраметилгидразин 1/1072, 1073
2,2,5,9-Тетраметил-4,8-декадиеналь
5/801
Тетраметил-Δ¹-дизетин 2/66
Тетраметилдиаминметан 2/82
1,1,3,3-Тетраметил-1,3-дисилациклобу-
тан 2/1020
Тетраметилдисулоксан 2/1020
1,1,3,3-Тетраметилдисулоксан-1,3-диол
2/1019, 1020
Тетраметилдистибин 4/945
Тетраметиленилглицерин 1/643-645
Тетраметиленидиамин 2/81; 3/1043,
1080
1,4-Тетраметиленидиамин 2/65, 401
Тетраметиленидисульфид 2/173
Тетраметиленидицианат 2/173
Тетраметиленимочевина 3/1210
Тетраметилениоксид 4/1096
Тетраметиленисульфоксид 4/925
Тетраметиленисульфон 1/932; 2/136;
4/926, 939
2,2,5,5-Тетраметил-3-карбоксипиро-
лин-1-оксид 4/303
Тетраметилмочевина 3/106, 115, 1216
2,2,6,6-Тетраметил-4-оксипиридины
4/1255, 1256
Тетраметилормеламин 3/35, 916
Тетраметилорлово 3/110, 760, 1216
Тетраметилорлофосфонийхлорид 4/1101,
1102, 1264; 2/118
Трнметилортокарбонат 3/816
Тетраметилпентан 3/912
Тетраметилпиперидины 4/303, 543,
544, 815, 1255
2,2,5,5-Тетраметилпирролин 4/1255,
1256
Тетраметилпирозофосфаты 3/1077
N,N,N',N'-Тетраметилпропилендиамин
2/1172
Тетраметилсвиней 1/326, 949; 3/111,
125, 278; 4/594, 596
Тетраметилсилан 1/506; 2/1020, 1023,
1024; 5/1025
Тетраметилсукцинодинитрил 1/80
2,4,6,8-Тетраметил-2,4,6,8-тетраази-
цикло[3.3.0]октан-3,4-дион 4/1226
2,4,6,8-Тетраметил-1,3,5,7-тетраокса-
циклооктан 1/424
Тетраметилтриселенафульвален
4/584, 585
Тетраметилтиомочевина 4/538;
5/700
Тетраметилтиурамсульфид 1/162,
337, 630, 634, 846; 2/377, 1149;
3/107; 4/247; 5/417, 572, 993
Тетраметилтиурамоносультфид 1/162
N,N,N',N'-Тетраметил-п-фениленди-
амин 5/339
4-(2,5,6,6-Тетраметилциклогекселин)-
3-бутен-2-он 2/517
1,1,4,4-Тетраметилциклононан 4/1227
Тетраметилциклопентадиенилтантал
4/986
1,2,2,3-Тетраметилциклопентанкарбо-
новая кислота 2/600
Тетраметилэтилен 1/697; 3/739, 1025
Тетраметилэтилендиамин 2/1147;
3/832; 5/636
1,2,9,10-Тетраметоксинапорфин 4/230,
231
Тетраметоксисилан 1/171, 172
Тетраметрин 3/1041
Тетрамизол 4/225
Тетраминопалладийхлорид 3/872
Тетрамолибдооктавольфрамфосфор-
ная кислота 2/1128
Тетранактин 2/1262
Тетрандрил 2/400
1,3,6,8-Тетранитрокарбазол 2/618
Тетранитрометан 4/1102, 342, 418,
731, 1170, 1266; 1/68; 3/529, 531,
556-558, 1039
Тетранитропентаэритрит 4/1103, 731,
1266, 1267; 1/607; 3/917
1,3,5,7-Тетранитро-1,3,5,7-тетраази-
циклооктан 3/729
2,4,5,6-Тетранитрофенол 3/561
Тетра-п-нитрофенилпирозофосфат
3/1077
Тетрантрен 5/117
Тетразоы 3/746-749
4,7,10,13-Тетраоксагексакандикарбо-
новая кислота 4/478, 479
1,4,10,13-Тетраокса-7,16-диазацикло-
октадекан 2/985
1,4,7,10-Тетраоксациклодекан 2/985
Тетраоксидфторид 2/769

- Тетраоксиметилен 5/221
Тетраоксоантразин 2/440
Тетраоктилпиромеллитат 3/913
Тетраорганилтиурамсульфиды 1/162
Тетраорганодиарсины 3/314
Тетраорганосульфураны 4/938
Тетрапептиды 3/37
Тетрапероксисовольфаматы 1/822
2,2',2'',2'''-Тетрапиридин 2/142
Тетраполифосфорная кислота 5/299
Тетрапропилбензолсульфонат 3/1169
Тетрапропилортокарбонат 3/816
Тетрасахариды 3/746–749
Тетраселенафульвалены 5/415
бис-(Тетраселенотетрацен)хлорид 3/100
Тетрасул 1/108
Тетрасульфидный каучук 4/42
Тетрасульфиды 4/42, 43
Тетрасульфурилхлорид 4/939
Тетратитетрацен 3/1237
Тетратидафульвалены 2/179; 3/100, 1237; 4/584, 585; 5/415
Тетратионат 4/1149
Тетратиотетрациклофосфаты 5/253
Тетраурананооксид 5/79
Тетрафениламино-N-фенилфеназольный 3/471
Тетрафениларсония соли 4/467
Тетрафенилборат 1/560
Тетрафенилгидразин 1/1075
Тетрафенилдивинилсульфид 2/182
4,4,5,5-Тетрафенил-1,3-диитиолан 2/178
Тетрафенилолово 3/760; 4/946
Тетрафенилсилан 2/1020
Тетрафенилсульфуран 4/938
5,6,11,12-Тетрафенилтетрацен 5/444
1,3,4,6-Тетрафенилтиено[3,4-с]тиофен 4/1120
Тетрафенилтиофен 2/182
Тетрафенилтан 4/32
Тетрафенил-1,2-этидиол 3/1025
Тетрафеноксисилан 1/171
Тетрафосфаты 3/288–292; 5/248
Тетрафосфорная кислота 5/287
Тетрафторгидразин 1/96, 97, 1070; 3/514
Тетрафтор-Δ¹-диазетин 2/66, 67
Тетрафтордибромэтан 2/432; 3/649; 4/1104
Тетрафтордиэтилен 4/195, 1104
Тетрафторметан 4/1103, 1224
Тетрафтороурат-ионы 2/332
Тетрафторобораты 1/79; 2/136, 137; 3/764, 765, 971; 5/399, 400
Тетрафтороборная кислота 5/399, 400, 1008
2,2,3,3-Тетрафторпропанол 3/1206; 4/805
Тетрафторсилан 1/902; 2/1027, 1031; 4/152
1,1,2,2-Тетрафторциклобутан 1/714
Тетрафторэтан-β-сульфон 4/1103; 3/980
Тетрафторэтилен 4/1103, 69, 285, 1104; 1/640, 714, 948, 995; 2/183, 623, 933; 3/91, 914, 981–983, 985, 989; 5/389, 397, 401–405, 554, 690, 835
Тетрафторэтиленоксид 3/984; 4/1103
Тетрагалькогенофульвалены 3/225
Тетрахлоралканы 1/254; 4/312
2,3,4,6-Тетрахлоранилин 5/558
1,4,5,8-Тетрахлорантрахинон 1/349
1,1,2,2-Тетрахлоранафтен 1/419
3,5,3',5'-Тетрахлорбензилдин 1/490
Тетрахлорбензолы 4/1104, 1105; 1/995, 997; 2/201; 5/11
Тетрахлорбензохиноны 3/676, 677, 768, 1017; 5/124, 418, 533, 588
Тетрахлорвинфос 2/472
Тетрахлордибензидиоксиды 1/1028; 2/137, 138; 5/586
Тетрахлордифенил 4/172
2,4,4',5'-Тетрахлордифенилсульфид 1/108
2,4,4',5'-Тетрахлордифенилсульфон 1/108; 2/186
3,3',4,4'-Тетрахлордифенилтиокарбазон 2/174
Тетрахлоризоиндолин 1/87; 3/1017
2,4,5,6-Тетрахлоризофталидинитрил 5/418
1,1,3,3'-Тетрахлориндан 2/439
α,α,α',α'-Тетрахлор-о-кислот 5/376
Тетрахлорметан 3/1059; 5/776, 777
Тетрахлорметилфосфонийхлорид 4/1092
Тетрахлорнафталины 5/567, 568
2,3,5,6-Тетрахлорнитробензол 1/516
Тетрахлоропалладиевая кислота 3/872
Тетрахлорофен 1/452
Тетрахлорперилен 3/950
Тетрахлорсилан 2/1024, 1030–1032; 5/998
3,3,4,4'-Тетрахлорсульфоан 4/926
Тетрахлортерефталевая кислота 1/996; 4/1055, 1056
4,4',7,7'-Тетрахлортриониндиг 3/1017
Тетрахлорфталевая кислота 5/377
Тетрахлорфталевый ангидрид 3/953, 1201; 4/18; 5/379
Тетрахлор-1,3-фталодинитрил 5/381
Тетрахлорциклопентаденин 1/997
Тетрахлорэтан 4/1105, 28, 686, 1106; 1/1142; 2/9, 1247, 1252; 5/12, 608
Тетрахлорэтилен 4/1106; 1/427, 429, 901, 948, 998; 2/121, 493, 1130; 3/1059; 5/13, 459, 580, 585, 776
Тетрахроматы 5/630
Тетрахромовая кислота 5/617
Тетрацен 1/372, 377; 2/1228; 5/647
Тетрацано-1,4-дитиин 4/1108, 1109; 5/706
Тетрацианопиррол 5/706
Тетрацианохионидметан 4/1107; 1/104, 105; 2/179, 779, 1276; 3/100, 1237; 5/705, 706
1,1,2,2-Тетрацианозтан 4/1108
Тетрацианоэтилен 4/1108, 1026, 1109; 1/69; 2/65, 1276; 3/91, 225, 226, 512, 1229; 5/165, 705, 706, 736
Тетрацианоэтиленоксид 5/705
Тетрациклины 4/1109, 238, 1110; 1/320, 321; 2/972; 3/1097
Тетрациклокарбоновые кислоты 1/1063
Тетрациклины 4/61
Тетрациклофосфаты 5/249
Тетрациклофосфорная кислота 5/287
Тетраздан 2/362; 3/332; 4/76
Тетраздрит 4/942
Тетразиламинийпероксид 3/973
Тетразиленилгликоль 1/1133; 2/211; 4/86; 5/775
Тетразиленилпентамин 1/269
N,N,N',N'-Тетразилметиленилдиамин 5/978
Тетразилмонотиопирофосфаты 3/1077
Тетразилмочевина 5/978
Тетразилортокарбонат 3/816
Тетразилпирофосфаты 3/1077
Тетразилсвинцев 4/1110, 223, 594, 596, 1111, 1210; 1/210, 326, 327, 949; 2/365; 3/81, 278, 315, 349, 444, 660, 725, 849, 913; 5/903, 994, 997, 998
Тетразилтиурамдисульфид 1/162, 194; 2/812; 4/1111; 5/571
Тетразоксисилан 4/1111, 445; 1/171, 172; 2/1017, 1024, 1027; 5/208, 430, 997, 998
Тетрил 4/1111, 1103; 1/154, 608, 705; 2/133, 467; 3/107; 5/988
Тетродоксин 3/845, 1051; 4/1194; 5/1043, 1045
Тетрозы 3/263, 623
Тетролы 2/643, 644; 4/158
Тетрон 3/1139; 4/87
Тетроники 3/1165; 4/188, 189
D-глицеро-Тетрулоза 3/264
Тетурам 4/1111; 1/162, 194, 317; 2/606
Тефзел 5/403
Тетфол 3/124, 774, 1139; 4/291, 1007, 1008, 1104; 5/389, 403
Технетаты 4/1112, 1113
Техническая кислота 4/1112, 1113
Технеций 4/1111, 1202; 3/949; 5/935
определение 2/183; 4/1113
получение 4/336, 1113; 5/1023
применение 4/1113
свойства 2/370, 873; 3/605, 956; 4/332, 584, 813, 1112
соединения 1/364; 4/1112, 1113
Техника безопасности 2/16; 3/323; 3/867, 868; 4/319, 550, 551; 5/470, 471. См. также *Охрана труда*
Техническая химия 3/412
Технические материалы
вазелин 2/901
вода 1/769
волокна и нити 1/800–804, 806; 2/1203, 1204
жидкости 4/1113, 1114. См. также отдельные группы, индивидуальные
представители
жиры 2/306, 309
керосин 2/738
каменноугольные масла 2/594–596
клеи 2/802
смазочные 4/1115, 594–596, 726, 1116; 3/466
соль, см. *Натрий, хлорид; Поваренная соль*
углерод, см. *Технический углерод*
Технический углерод 4/1114, 51, 443, 610, 892, 1210; 1/630, 646, 930, 1171; 2/322, 594, 595, 682, 834, 846, 868, 1005; 3/101, 326–328, 446, 913, 1000, 1011, 1012, 1100, 1126; 5/39, 40, 86. См. также *Сажа*
активный 1/636; 2/377
диффузионный 4/1115
как адсорбент 1/62
как канцероген 2/606
как краситель 2/701, 990, 993, 996, 1296
как наполнитель 1/633; 2/704; 4/1115
канальный 4/1115
печной 4/1115
термический 4/1115
Технологические процессы 1/1017, 1020, 1021; 3/848–851; 4/349, 350
Технологические материалы, см. *Технические материалы*
Технора 4/1082
Теченскатели, см. *Дефектоскопия*
Тешенит 3/406
Тэукушнамин 5/525
Тиабендиол 4/225, 247; 5/418
2-Тиабицикло[2.2.1]гепт-2-ен 4/1160
Тиагексакарбониины 4/625
11-Тиагенэйкозан 2/96
4-Тиа-1,6-гептадиен 2/76
1,2,5-Тиадиазол-3,4-дикарбоновая кислота 1/526
1,3,4-Тиадиазолидиндиоксиды 5/791
1,3,4-Тиадиазолидин-2,5-дитионы 1/739
Тиадиазолилмочевина 1/1031
Тиадикарбониины 4/625
Тиазин 4/648
Тиазиновые красители 4/1116, 668, 1117; 2/221, 438, 460, 980; 5/363, 531. См. также *Метиленовый голубой*
Тиазины 4/1148
Тиазол(ы) 4/1117, 74, 634, 648, 1118; 1/85, 236, 509, 846, 981; 2/183, 381, 699, 1270; 3/575, 678
Тиазолидины 1/741; 3/63, 734; 4/326, 1117
Тиазолины 3/734
Тиазоны 3/405; 4/1148
Тиакарбониины 4/625
Тиакраун-эфир 2/985
Тиамин 4/1118, 525, 634, 713, 1119, 1120; 1/550, 750–752; 2/969, 1193. См. также *Витамин В₁*
бромид 4/1118
гидрохлорид 4/1118
дифосфат 1/610, 751, 752; 2/969, 970, 1169, 1193; 4/1118–1120, 1229
монофосфат 1/752; 4/1118, 1119
пирофосфат 1/610; 5/159
трифосфат 4/1119
Тиаминаза 1/751
Тиана-Кальве микрокалориметрия 2/576
Тиантрен 2/144; 4/648
3-Тиа-1,4-пентадиен 2/93, 94
Тиапентакарбониины 4/625
13-Тиапентакозан 2/96
Тиапентакарбониины 4/625
Тиапентакризон 4/625
Тиапентакризон-1,1-диоксид 4/933
Тиапентакризон-1-оксид 4/924
Тиапентакризон 5/745
ТИБ, см. *Бензины*
Тибетолы 3/291, 292
Тибон 4/623, 1149
Тигли 1/1192, 1194; 3/95, 999, 1009; 4/183, 184, 225, 226, 534, 982, 1176, 1177
Тиглат 3/613, 617, 618
Тиглиновая кислота 1/640; 3/613
Тиглауэрион 5/769
Тиенамицин 2/1135, 1136
Тиенил 1/957
Тиениотифены 4/1120
Тиелин(ы) 4/1120, 1121, 1122
Тиеп 1/1061
Тиепан(ы) 4/1122, 1123; 3/891
Тильные радикалы 4/1123, 634, 1124, 1137; 2/170, 745
Тиран-1,1-диоксид 4/344
Тиран-1-оксид 4/924
Тиран-тиетановая перегруппировка 3/733
Тираны 3/733–735; 4/918, 924, 930, 931, 1132, 1138, 1141; 5/791. См. также *Олефиновые тиооксиды*
Тиерен 1/1061
Тиерциллин 2/1134
Тиксотропия 4/1124, 487, 489, 885, 886; 1/789, 1001; 2/338, 339; 3/991, 1122, 1123; 5/73
Тилакоиды 5/346
Тиле модуль 5/156
Тиле-Винтера реакция 4/1124, 1125
Тилоза 2/633, 634; 3/126, 127, 718
Тилозин 2/1262, 1263
Тилорекрин 5/117, 118
Тилорон 2/427
Тилофорины 5/117, 118
Тильманса-Риттера синтез 4/525
Тималин 2/427
Тимана модификация 5/793
Тиманнит 4/547, 619
Тимидилатсинтетазы 2/969; 5/411
Тимидиловая кислота 2/1325; 5/411
Тимидин(ы) 2/969; 3/173, 597, 598, 813; 4/493. См. также *Нуклеозиды*
Тимидинкиназа 4/218
Тимин 2/877; 3/174, 295–297, 300, 585–588, 619, 620, 812, 813, 1051, 1052; 4/1260; 5/342. См. также *Пиримидиновые основания*
Тимидононовая кислота 4/211
Тимозины 1/1173, 1174; 2/427; 3/400
Тимол 4/1125, 495, 786, 11126; 2/987; 3/60, 61, 1032; 5/140, 380

- Тимоловый синий 2/447-449, 779, 1216; 3/124; 4/936, 1126; 5/1002
- Тимолол 1/49, 50
- Тимолсульфогалактин 4/936
- Тимолфталейн 2/447; 3/663; 4/1126; 5/380
- Тимолфталексон 5/379
- Тимопоэтины 1/1173, 1174
- Тимьяновое масло 3/59
- Тиндлазол 4/239
- Тинкал 3/347, 351
- Тинкалкониот 1/587; 3/351, 837
- 9-Теоакридон 1/112
- Теоалат-ионы 4/1138
- β -Теоалкильные радикалы 4/313
- Теоальдегиды 2/697; 3/825, 826; 4/1132-1134, 1160
- Теоамиды 1/229, 708, 981; 3/513; 4/651, 1118, 1126, 1135, 1167, 1168; 5/60
- Теоаминокислоты 1/250
- Теоангидриды 2/1085; 4/1155
- Теоанисол 4/911
- Теоантимонаты 4/948-951
- Теоантранил 1/493
- Теоарсенаты 3/312
- Теоарсинистые кислоты 3/310
- Теоарсиновые кислоты 3/309
- Теоарсиновые кислоты 3/309
- Теоацетазон 4/241, 242, 1149
- Теоацетали 2/325; 4/1127, 1137
- Теоацетамид 4/1126; 1/425; 2/710
- Теоацетон 4/1132
- бис-(Теоацил)дисульфиды 2/177
- Теоацилирование 4/1134
- Теоацилхлориды 2/177
- Теобензилал 1/488
- 1,1-Теобензол 4/911
- Теобинифурдин 4/652, 653
- Теобисметан 4/911
- Теогалогениды 1/949; 3/494, 577; 5/285, 286
- Теогексафторацетон 1/992
- Теогидантоины 1/252, 253; 5/800
- Теогидрофосфорильные соединения 2/549; 3/179; 5/308, 311
- Теогликолевая кислота 4/1126, 1127, 1128, 1202; 2/95, 1173; 5/584
- Теогликоли 2/170; 5/991
- Теогликоляты 4/1127
- Теоидан 2/469, 470
- Теоидгликолевая кислота 5/793
- Теоидгликоль 4/1128; 2/533; 5/991
- Теоидкарб 2/473, 474
- Теоидпропионовая кислота 3/1088
- Теоизоли 2/978; 4/649
- Теоизоцианатоорганосиланы 3/800
- Теоимидаты 3/513
- Теоиндиг 4/1128, 588, 1129; 5/353
- красители, см. *Теоиндигионные красители*
- Теоиндигионные красители 4/1129, 1130, 1146; 1/528; 2/441, 442, 1093; 3/1017; 5/359
- алые Ж и К 4/1129
- красно-коричневый Ж 2/999; 4/1129
- красный С 2/980; 4/1129
- фиолетовый 4/1129
- черный 2/999; 4/1129
- Теоиндоксазены 1/492
- Теоиндоксилы 1/528; 4/1129
- Теокарбаматы 1/1029, 1030, 1064; 3/114; 4/1130, 1166; 5/60
- Теокарбамид 1/736; 2/931, 186, 187; 4/1139-1142. См. также *Теоомечевина*
- Теокарбаминоновые кислоты 4/1130, 228, 234, 1131, 1132, 1152, 1166; 2/419; 5/47
- Теокарбаминолирование 4/1168
- Теокарбамоильные соединения 2/374; 4/1127, 1132, 1140, 1147, 1190
- Теокарбанил 2/183, 186, 187
- Теокарбоксилат-ионы 4/1135
- Теокарбонаты 4/654
- N,N'-Теокарбонилдиимидазол 2/935; 4/1153; 4/1169
- Теокарбонильные соединения 4/1132, 634, 1133, 1134, 1150, 1153, 1169; 2/404, 935; 5/65, 241, 790. См. также *индивидуальные представители альдегиды, см. Теокетоны*
- кетоны, см. *Теокетоны*
- кислоты карбоновые, см. *Дитеокарбоновые кислоты, Теокарбоновые кислоты*
- угольные, см. *Дитеоугольные кислоты, Теоугольные кислоты*
- комплексы переходных металлов 2/626
- Теокарбоновые кислоты 4/1134, 634, 1135, 1136; 1/1097; 2/95; 3/114, 513. См. также *Дитеокарбоновые кислоты, Теоуксусная кислота*
- Теокарбораны 2/651
- Теокарбостирол 3/63
- Теокармин Р 4/1116
- Теокетали 1/997; 4/1137
- Теокетены 3/734; 4/1135, 1136; 5/737
- Теокетоны 2/441, 1252; 3/891; 4/1132-1134; 5/790
- Теокилоты 2/706, 783; 4/1192; 5/308
- Теоколы 1/630; 4/41, 42; 5/961. См. также *Полисульфидные каучуки*
- Теокрезолы 4/1205, 1206
- Теокраун-эфир 4/1128
- 1,4-Теоксан 4/1128
- Теоксантены 3/398
- 6-Теоксантин 2/1084
- (3-Теокобутил)беизойная кислота 4/1132
- Теоковая кислота 2/1192
- Теолагидриды 4/1151
- Теолан-1,1-диоксид 4/926
- Теолаты 3/552, 603, 734, 1090, 1091; 4/914, 916, 1150, 1151
- Теолацетат 4/1121
- Теола-дисульфидный обмен 1/1153
- Теолен-1,1-диоксиды 4/926, 927
- Теолирование 1/709; 3/704
- Теокарбаматы 1/330; 4/1130
- Теокарбоновые кислоты 3/606, 607; 4/913, 1134, 1135, 1138, 1159, 1167
- Теоловые ферменты 1/1097, 1098; 2/695
- Теосульфаты 4/921
- Теосульфонаты 4/934, 1151, 1152
- Теосульфоновые кислоты 4/1151, 1152
- Теоуксусная кислота 4/1155
- Теоуретаны 4/1130
- Теофосфаты 2/471; 4/1143, 1161; 5/255
- Теофосфиты 1/361
- Теофы 4/1136, 43, 634, 635, 651, 905, 908, 913, 915, 916, 918, 923, 924, 937, 938, 976, 1111, 1124, 1127, 1131, 1133, 1137-1140, 1142, 1150-1152, 1154-1156, 1158, 1162, 1166, 1167, 1255; 1/179, 429, 442, 633, 708, 721, 1205; 2/85, 93, 95, 120, 171, 174, 402, 406, 706, 944, 1279; 3/70, 109, 115, 513, 573, 653, 734, 785, 797, 1028; 5/10, 57, 217, 295, 305, 571, 693, 709, 786, 976, 991, 1057
- алифатические и алициклические, см. *Меркаптаны, Теоспирты*
- ароматические, см. *Теофенол, Теофенолы*
- Тимал ФД 2/186
- Теомилибаты 3/250
- Теоомечевина(ы) 4/1139. См. также *Теокарбамино*
- аминопроизводные, см. *Теоомечевина*
- N,N'-диамещенные 2/629; 4/1169
- диоксид 4/1141
- изостроения, см. *Изотеоомечевина*
- клатраты 2/798
- определение 1/615; 4/1142; 5/149
- органоккомплексы 3/347
- получение 2/176; 4/1141, 1165; 5/701
- применение 2/1294; 4/1142
- свойства 1/262, 333, 496, 682, 736, 1129, 1142, 1210; 2/70, 93, 119, 182, 235, 710, 1273, 1275; 3/63, 244, 734, 800, 1050; 4/92, 205, 397, 429, 626, 652, 653, 668, 713, 908, 999, 1021, 1127, 1128, 1134, 1140, 1141, 1143, 1147, 1152, 1163; 5/129, 455, 456, 534, 989
- Теоуравняющая кислота 4/1134, 1135; 5/224
- Теоушышьяковистая кислота 2/783
- Теоуазин 3/405
- Теоуалид 1/736; 4/975
- Теоуафены 1/528; 2/441, 442; 4/1128, 1129
- Теоуафтолы 1/336
- Теоуил 3/577
- Теоуилгалогениды 4/1142, 157, 205, 358, 562, 571, 802, 900, 917, 922, 938, 1055, 1056, 1096, 1098, 1128, 1143, 1203-1205, 1264; 1/265, 299, 442, 493, 494, 514, 526, 528, 530, 668, 709, 943, 950, 953, 973, 1005; 2/88, 177, 179, 544, 591, 593, 629, 645, 646, 1125, 1213, 1272, 1274; 3/33, 103, 253, 488, 515, 523, 527, 675, 690, 692, 707, 916, 1046, 1057; 5/57, 280, 487-489, 565
- Теоуилхлорид, см. *Теоуилгалогениды*
- β -Теоуиминны 2/381
- Теоуинии 5/363
- Теоуирирование 2/1194; 4/1133
- Теоуитриты 4/1124, 1138
- Теоукарбаматы 4/1130, 1131
- Теоукарбонаты 2/420, 935; 3/606, 607; 4/1135; 5/311, 779. См. также *Теоуегруппировки*
- Теоукарбоновые кислоты, см. *Теоукарбонаты*
- Теоуовые кислоты, см. *Теоу-теоульная перегруппировка*
- 2-Теоуо-1,3-тиазолидин-4-он 4/1127
- Теоу-теоульная перегруппировка 4/1143, 1131, 1160-1162; 1/961; 3/607, 608, 1090, 1091; 5/311
- Теоууксусная кислота 4/1155
- Теоууретаны 4/1130
- Теоууфлутин-В 4/652
- Теоуфосфаты 3/1090, 1091; 4/1143, 1161, 1163; 5/7, 13, 255, 267
- Теоуфосфинаты 2/811, 812
- Теоуфосфонаты 2/811, 812
- Теоуоны 3/734, 735; 4/1139
- Теоуоксиды, см. *Олефинов теуоксиды*
- Тиураны*
- Теоупентал-кислота 4/1143
- Теоупентал-натрий 4/1143, 812
- Теоупергруппировки
- Клайзена 2/787
- Ньюмена-Кворта 3/606, 607; 4/1131, 1143, 1160
- Пишмуки 3/1090, 1091; 4/1143, 1161
- эфирные, см. *Теоу-теоульная перегруппировка*
- Теоуипразол 3/1035
- Теоуипранда соли 4/1143, 1144
- Теоуипраны 4/1143, 1144, 1145
- Теоуиприлы соли 4/1144, 634, 930, 1121, 1143, 1145; 2/65
- Теоуипроны 4/1143, 1145
- Теоуиранины 4/530, 531
- Теоуисалициловая кислота 4/1145, 1128, 1129, 1146
- Теоуисахара 3/268
- Теоуиселениды 4/614
- Теоуисемикарбамиды 4/1146, 622, 1147, 1148, 1250
- Теоуисемикарбазоны 4/1147, 234, 622, 1146, 1148, 1149
- Теоуисерная кислота 2/783; 4/1149; 5/182
- Теоуисоли 3/166, 577; 4/547, 550, 637, 951
- Теоуиспирты 1/424; 2/1203. См. также *Меркаптаны, Теоулы, Теоуенолы*
- Теоуисульфаты
- неорганические 4/1149, 626, 638, 657, 1150; 1/901; 2/533, 783. См. также *Натрий, теуисульфат*
- определение 2/499, 710, 711; 4/549
- органические 4/1149, 908, 1139, 1150, 1151; 2/170. См. также *Бунте соли*
- Теоуисульфиды 2/170
- Теоуисульфиты 4/634; 5/961
- Теоуисульфокислоты 4/1151, 915, 916, 1152
- Теоуисульфонаты 4/1151, 1152
- Теоуиселлулаты 4/1020
- Теоуиселлуриды 4/1019
- Теоуиселлуриды 4/1019
- ТеоуисЕФ 4/234
- Теоуугольные кислоты 4/1152, 634
- амиды, см. *Дитеоукарбаминоновые кислоты, Теоукарбаминоновые кислоты, Теоуомечевина*
- хлорангидриды 4/1131
- эфир 4/1152-1155. См. также *Ксантогенаты*
- Теоууксусная кислота 4/1155, 1126, 1156; 5/57
- Теоуурацил 4/1163
- Теоууретан 5/87
- Теоууридины 3/174
- Теоуфан(ы) 3/458; 4/1096, 1122, 1157
- Теоуфанаты 4/247; 5/418, 422
- Теоуфен 4/1156, 515, 651, 719, 774, 917, 927, 930, 931, 1117, 1120, 1145, 1157, 1158; 1/376, 423, 513, 598, 709, 902, 929, 930, 983, 1040, 1061, 1083, 1157, 1177; 2/93, 106, 314, 347, 1046, 1172; 3/82, 248, 372, 458, 463, 464; 5/367, 429, 785
- S-производные 4/634
- 2,5-Теоуфендикарбоновая кислота 4/1158
- 2-Теоуфенкарбальдегид 3/966
- Теоуфенол 4/1158, 205, 1129, 1150, 1159; 2/777, 1087. См. также *Теоуфенилы*
- Теоуфенолы 4/1159, 172, 741, 1154, 1160; 1/336; 2/602, 607, 704; 3/1028; 5/59, 962. См. также *Меркаптаны, Теоулы, Теоуспирты, Теоуфенол*
- Теоуфлавины 2/1217
- Теоуформальдегид 4/1160, 1132; 3/825, 826
- Теоуформилбеизойная кислота 4/1132
- Теоуфос 2/470
- Теоуфосген 4/1153, 1154, 1168
- Теоуфосфамид 4/234
- Теоуфосфаты
- неорганические, см. *Фосфаты неорганические*
- органические 4/1160, 1161-1163; 2/470-472; 5/253
- Теоуфосфинистые кислоты 5/261
- Теоуфосфинаты 4/1162
- Теоуфосфононовые кислоты 5/275, 280
- Теоуфосфорильные соединения 2/415; 3/179; 4/1161, 1162; 5/262, 294, 310, 311
- Теоуфосфорные кислоты 1/286; 2/470-472; 4/1163, 1164; 5/242, 286, 421, 988
- Теоуфталимид 5/417
- Теоуохион 1/492
- Теоуохионы 4/1163, 1164

- Тиохром 4/118, 1119
 Тиохромены 5/360
 Тиохромоны 1/518
 Тиоциан 4/1164, 1165, 1167
 Тиоцианаты
 неорганические 4/1164, 482, 1165, 1166; 1/337, 682; 2/522, 822; 3/365, 366, 969; 5/702. См. также соединения химических элементов
 органические 4/1165, 525, 924, 1131, 1134, 1135, 1156, 1164, 1166–1169; 2/176, 474; 5/129, 545, 957. См. также *Изоотиоцианаты*
 Тиоциановая кислота 1/683, 782; 2/246; 4/1127, 1141, 1156, 1164, 1165
 Тиоцианогруппа 2/282, 449, 450, 1217
 α-Тиоцианокетоны 4/1118
 Тиоциклам 2/469
 Тиозаноламин 3/63, 64
 Тиозифры 1/720, 825; 2/3, 325, 470–473, 524, 645, 654, 697, 787, 1252; 3/671; 4/634, 774, 908, 909, 911–915, 925, 1135–1139, 1149–1156, 1159–1163, 1165–1169; 5/57, 262. См. также *Сульфиды органические*
 Типов теорие 3/572, 785
 Типографские краски, см. *Краски полиграфические*
 Тирам 1/162; 4/247, 494; 5/417
 Тирамины 1/51; 3/254, 616, 620; 4/1170
 Тиреоглобулин 1/1012; 4/1169, 1171
 Тиреондин 4/1171
 Тиреокальцитонин 2/581, 582
 Тиреотропин, см. *Тиреотропный гормон*
 Тиреотропин-рилизинг-фактор (гормон) 4/1171, 1172
 Тиреотропный гормон 4/1169, 516, 758, 1170; 1/39, 1172; 2/1228; 5/218, 605
 Тирозин 4/395, 531
 Тирозил 3/617, 618
 Тирозил-тРНК-синтетаза 1/241
 Тирозин 4/1170, 217, 516, 517, 832, 1075, 1171, 1260, 1261; 1/224, 369, 396, 475, 477, 1012, 1013, 1152, 1171; 2/222, 400, 606, 635, 696, 862, 1086, 1152; 3/163, 271, 272, 274, 275, 594, 619, 620, 881, 893; 5/34, 121, 159, 217, 345, 518, 590, 954
 Тирозидаза 2/696; 3/36; 5/916
 Тироксин 4/1171, 1169, 1170, 1172, 1258; 1/340, 484, 1118, 1119, 1171, 1173
 Тиролиберин 4/1171, 1169, 1172; 3/400
 Тирои 4/972
 Тироидины 3/810
 Титан 4/1172, 431, 710; 2/789; 3/849, 949; 5/938
 амальгамы 1/223
 бориды 1/583, 584; 2/736; 4/1173, 1175
 галогениды 4/1175, 1173, 1174, 1176; 1/950; 5/712
 гидриды 1/591, 592, 1081, 1082; 2/13; 4/1173, 1175
 гидроксиды 2/1079; 3/79; 4/673, 1173, 1174, 1177–1179, 1181
 интерметаллиды 1/332, 384; 2/477, 480–482, 484–486; 3/753; 4/809, 1181
 карбид(ы) 4/1176, 142, 333, 1008, 1009, 1173; 1/815, 820, 1190; 2/260, 624, 625, 734, 736, 737; 3/75, 493
 карбонат 4/673
 метеоритный 2/963
 минералы 1/359, 1018, 1082; 2/263; 3/489, 635, 969, 1193; 4/559, 561, 979, 985, 1172; 5/788
 нитраты 3/577; 4/1173
 нитрид 4/1176, 1173, 1177, 1178; 2/737, 962; 3/249, 509
 оксиды 4/1177, 333, 627, 836, 838, 1178, 1179; 2/832; 3/91, 805, 971; 5/322, 323, 1001
 – диоксид 1/623, 774, 1044, 1055, 1141; 2/51, 111, 137, 222, 263, 319, 351, 601, 653, 675, 677, 733, 800, 801, 804, 805, 996, 997, 1002, 1003, 1015, 1210, 1226, 1296; 3/89, 325, 433, 646, 775, 776, 907, 984, 991, 1011–1013, 1027, 1089, 1100, 1114, 1197, 1234; 4/51, 87, 92, 209, 443, 502, 508, 559, 567, 588, 602, 673, 708, 709, 835, 869, 879, 1010, 1172–1179, 1182–1184; 5/363, 378, 470, 552, 563, 675, 925. См. также *Анатаз*, *Рутил*
 определение 1/121, 380, 670, 990; 2/84, 87, 139, 203, 205, 710, 1090, 1104, 1224, 1271; 3/113, 969, 1044, 1058; 4/569, 935, 936, 1174; 5/128, 431, 636
 органические соединения 4/1184, 839, 856, 1179, 1185; 1/166–170, 364, 365; 2/183, 203, 731, 872, 873, 924, 1012, 1014, 1015; 3/78, 79, 285, 1016, 1056, 1216; 5/712, 713
 перхлорат 3/990
 получение 1/1104; 2/496, 580, 734, 1235; 3/88–91, 93, 349, 635, 1000, 1001, 1068, 1070, 1100; 4/139, 142, 559–561, 567, 613, 712, 820, 1165, 1173–1175; 5/205, 497, 651, 854, 923
 примеси 1/631–633, 832, 871, 977, 1063; 2/670, 800, 950, 1227, 1235; 3/71, 87, 161, 334; 4/1098, 1174, 1175, 1179; 5/553, 712, 713, 730, 731, 796, 903, 904, 908, 909, 920
 свойства 1/631, 632, 1015, 1060; 2/84, 137, 282, 321, 596, 671, 672, 767, 919, 1099; 3/75, 97–99, 169, 349, 439, 889, 955, 958, 975, 1075, 1087, 1088; 4/434, 574, 723, 813, 1009, 1172, 1173, 1176, 1177; 5/4, 761, 878
 силициды 4/684, 1173
 сплавы 4/1179, 467, 584, 712, 808, 809, 1008, 1009, 1173–1175, 1180, 1181; 1/618, 1039, 1063; 2/249, 250, 257, 260, 263, 321, 548, 827, 828, 878, 947–949, 957, 1153, 1154, 1241, 1242, 1283; 3/75, 86, 88, 92, 100, 147, 249, 257, 274, 349, 482, 484, 497, 498, 758, 890, 940; 5/80, 81, 451, 618, 703, 909
 сульфаты 4/1181, 279, 527, 1173, 1178, 1182, 1183
 феррит 5/163
 фосфаты 4/981, 1173
 фосфид 5/256, 257
 халькогениды 2/477; 4/910, 1024, 1173, 1175
 хлориды 4/1182, 22, 30, 31, 62, 672, 944, 1027, 1173, 1174, 1176, 1177, 1179, 1183; 1/628, 814, 983, 949, 950; 2/93, 121, 182, 210, 239, 325, 554, 673, 697, 1022; 3/78, 90, 93, 285, 349, 488, 527, 552, 553, 739, 761, 796, 797, 803, 1012, 1017, 1026, 1056, 1069, 1220; 5/16, 224, 367, 372, 555, 711, 712, 735
 Титанаты 4/1183, 575, 985, 1172, 1175, 1176, 1178, 1184; 3/433, 777, 1012, 1013; 5/73, 835
 Титанирование 3/1101
 Титановые кислоты 4/1182, 1183
 Титанометрия 3/796, 797
 Титанофтористоводородные кислоты 4/1175
 Титова модификация 2/900
 Титр 2/306, 915
 Титранты 2/449, 450, 915, 1098–1100; 5/181, 1189
 Титраторы 4/1185, 1186, 1187. См. также *Титриметрия*
 Титриметрия 4/1187, 396, 397, 467, 550, 557, 569, 615, 945, 1188, 1189; 2/1008–1010, 1231; 3/161, 523, 645, 713, 714, 795–798, 1044; 5/173, 274, 284, 335, 379, 489, 490, 637, 656, 659, 694, 750, 933
 массовые анализы, см. *Титрование*
 приборы, см. *Титраторы*
 титранты 2/449, 450, 915, 1098–1100; 5/181, 1189. См. также отдельные методы
 Титрование 4/396, 640, 972, 975, 1056, 1187–1189; 5/77, 172, 173. См. также *Титриметрия*
 алкалиметрическое, см. *Алкалиметрия*
 амперометрическое, см. *Амперометрическое титрование*
 аргентометрическое, см. *Аргентометрия*
 в водных и неводных средах 2/282, 447, 448; 4/360
 в гальваностатическом режиме 2/1098–1100
 влияние CO₂ 2/448
 высокочастотное 2/210, 897
 вытеснительное 2/871
 диалькометрическое, см. *Диалькометрия*
 заместительное 4/1189
 иодометрическое, см. *Иодометрия*
 каталитическое 2/756, 757
 кислотное-основное, см. *Кислотно-основной анализ*
 комплексонометрическое, см. *Комплексонометрия*
 кондуктометрическое, см. *Кондуктометрия*
 кулонометрическое, см. *Кулонометрия*
 нефелометрическое, см. *Нефелометрия и турбидиметрия*
 обратное, см. *Обратные процессы (методы)*
 осадительное 2/205, 449, 896; 4/155, 1188, 1189
 окислительно-восстановительное, см. *Окислительно-восстановительные методы*
 оксидиметрическое 3/349
 перманганатометрическое, см. *Перманганометрия*
 показатель 2/447
 потенциометрическое, см. *Потенциометрия*
 прямое 4/1189
 радиометрическое 4/328
 термометрическое 5/172
 точка конечная, см. *Конечная точка титрования*
 – эквивалентности 2/447, 450, 451, 757, 779; 4/155, 328, 1187
 трилонометрическое 2/1230
 ферриметрическое 3/969
 фотометрическое, см. *Фотометрический анализ*
 Тнтьютюксии 4/1195; 5/1046
 Тиурамсульфиды 1/645; 2/175–177; 4/1190; 5/571. См. также *Алкилтиурамсульфиды*, *Тетурам*, *Тиурамы*
 Тиурамы 4/1190; 1/162, 846; 2/631; 5/799. См. *Тиурамсульфиды*
 Тиурония соли 1/1129; 5/700
 Тифрено реакция 4/1190, 610, 1191; 2/33; 3/1024
 Тифрено-Демьянова реакция 4/1190, 1191
 Тишеико реакция 4/1191, 207, 1192; 1/170, 197; 5/222, 979, 1011
 Тищенко–Клайзена реакция 4/1191
 Тизтилперазин 4/393
 Теканые материалы. См. также *Волокна и их виды*
 антифрикционные 1/344
 время защитного действия 2/324
 грунтовок 1/1208
 импрегнирование, см. *Импрегнированные материалы*
 как диэлектрики 2/268
 как наполнители 3/329, 802–804
 каллусные 4/1243
 крашение 2/441, 613
 обработка, см. отдельные операции, *Текстильно-вспомогательные вещества*
 огнестойкость 3/353
 отбеливание 3/658, 972, 978; 5/560, 564, 568
 печать, см. *Печатание тканей*
 промакаемость 2/324
 пропиточные составы 2/323, 324, 406; 4/1102
 прорезиненные 2/324; 3/1244; 4/443, 445
 склеивание 2/802
 фотографические 5/320
 Тление 1/1175, 1177; 3/1187; 4/571
 Тлеющий разряд 3/1094, 1102, 1103; 4/777
 Тминное масло 2/652; 4/1093; 5/746
 ТМТД, реперлент 1/162; 4/494, 495
 Тоберморит 2/588
 Тобиаса кислоты 3/382, 383, 386
 Тобрамидин 1/246
 Тогилан 4/1082–1084; 5/22
 Тодда–Атертона реакция 4/1192, 683; 5/256, 278
 Тозилаты 4/1192, 581, 914, 925, 930, 937, 999, 1155, 1204, 1205; 1/658, 874, 1100; 2/21, 65, 74, 96, 120, 311, 646, 986, 1148; 3/125, 268, 521, 603; 5/121. См. также *Толуолсульфокислоты*
 Тозилирование 4/1192, 1193
 Тозильная группа 2/26
 Тойкаминин 3/594, 595
 Тойфоллоны 5/389
 Ток(и)
 блуждающие 2/956; 3/1179, 1180
 внутриатомные круговые 2/77
 деполаризация и температура 4/1062
 диффузионный 2/194, 954, 1098; 4/123, 128; 5/637, 638, 895, 911
 зарядные 5/910
 ионный, интегрирование 2/1317
 источники, см. *Химические источники тока*
 каталитический 5/638
 кинетический 1/808; 4/128
 коррозии 2/954
 иаложный, защита от коррозии 2/323
 носители, см. *Носители заряда*
 обмена 4/1193, 993; 5/841, 847, 911, 919, 923, 925
 плотность, см. *Плотность тока*
 сила, закон Ома 4/1067
 туннельный 5/28
 фарадеевский 5/910
 фотоинициации 5/331
 фотоэлектронной эмиссии 5/362, 363
 электролиза 1/753, 754; 2/1098, 1099; 5/637–639
 электронные интеграторы 2/1098
 Токаинид 1/319, 320
 Токол 1/748
 Токолитики 4/1193, 1194
 Токолитические средства 4/1193, 774, 1194

- Токоферолы 1/519, 551, 748, 749, 752; 2/660; 3/48, 1088, 1186; 4/48, 381, 382, 1088, 1186; 4/744; 5/685. См. также *Витамин Е*
- Токсафеи 2/343
- Токсикарол 4/541
- Токсин 4/1194, 1195, 1196; 1/603, 980, 1218; 2/295; 3/54, 150, 153, 154, 846, 934, 1051; 5/1042–1046
- бактерий, см. *Батুলинические токсины*, *Микроорганизмы*, *Рицин животных*, см. *Яды животных* и *кровезаменители* 2/1078
- и система комплемента 2/874–876
- растений, см. *Микотоксины*, *Яды растений*
- С-токсиферин 1 2/460; 5/1051, 1052
- Токсичность 4/1196, 1197; 2/104; 3/1194. См. также *Токсин*, *Яды*, индивидуальные представители и их группы
- атмосферных загрязнений 3/853, 854
- и ПДК, см. *Предельно допустимые концентрации*
- отходов производства и потребления 3/851
- Токунол 1/1033
- Тол 1/705
- Толан(ы) 1/530; 2/182
- Толерогены 1/318
- Толлидин 1/491; 4/397; 5/554
- Толлил 3/569
- Толлилазид 1/74
- 1-(*п*-Толлиламином)-4-гидроксиантрахинон 1/259, 260, 353
- Толлиламины 4/1198
- о*-Толлиларилсульфонаты 4/729
- Толлиборная кислота 1/600
- п*-Толлигидразин 1/655
- Толлизозианилаты 2/401
- Толлимагнийбромид 4/1205
- (*п*-Толлил)мезитилсульфоксид 4/392
- Толлипропионовые альдегиды 5/366
- п*-Толлисилатран 4/672
- п*-Толлилсульфинат 1/658
- о*-Толлиглюкарбамид 1/736
- Толлифлуанид 5/417
- Толлихлориды 5/583
- β -Толлиэтиловые спирты 3/122
- Толлипомицины 1/302
- Толлиенса реактив 4/1197, 1198
- Толлиафат 4/228, 229
- Толлигидрохинон 4/91
- бис*-(*п*-Толлидио)антрахиноны 2/302
- Толлиудиновый синий 1/322
- 3-(4-Толлидио)фенол 5/146
- Толлиидины 4/1198, 74, 649; 1/75, 77, 244, 254, 270, 493, 545, 944; 2/336, 606; 3/25, 191, 559, 561, 1021, 1219; 5/146, 412, 521, 583
- Толлиулендиамин 4/1198, 256, 1199; 1/75; 3/694
- Толлиулендиизоанилаты 4/1199, 50, 54, 1200, 1202; 2/202, 401, 406, 805; 3/903, 1251; 5/72, 73, 85
- Толлиуленовые красители 2/438
- Толлиуленовые альдегиды 4/1200, 1201; 5/121
- Толлиуленовые кислоты 4/1201, 1055, 1200; 2/120, 396, 1092; 3/58; 5/127, 378
- Толлиунитрил 4/287
- Толлуол 4/1201
- определение 2/293
- получение 1/158, 438, 948; 2/591, 684, 686, 846, 1041; 3/119, 446, 449, 451, 462, 466, 1000, 1005, 1061, 1129; 4/526, 926, 969, 1060, 1202, 1204, 1205; 5/122, 833
- применение 1/52; 2/1281; 4/223, 285, 1202
- свойства 1/373, 487, 488, 495, 496, 503, 517, 530, 604, 605, 754, 831, 947, 987, 1089, 1217; 2/6, 143, 216, 440, 615, 616, 646, 667, 777, 810, 908, 1004, 1088, 1093, 1273; 3/108, 122, 127, 673, 726, 760, 833, 884, 894, 1021; 4/197, 329, 339, 359, 421, 512, 595, 631, 690, 868, 869, 917, 1114, 1148, 1192, 1200, 1202, 1204, 1205, 1267; 5/27, 56, 133, 221, 222, 366, 368, 459, 495, 566, 746, 778, 817, 906
- 3,4-Толлуолдитиол 4/1202
- Толлуолсульфамиды 4/1202, 581, 896, 1203–1205; 1/175, 240; 5/557, 558
- Толлуолсульфиновые кислоты 4/1203–1206
- Толлуолсульфокислоты 4/1204, 61, 446, 802, 917, 1128, 1203, 1205; 1/164, 423, 432, 648; 2/41, 92, 376, 413, 538, 1004; 3/33, 717, 881, 911, 945, 1197; 5/5, 126, 134, 136, 430, 909, 977, 1011
- азиды 1/71
- амиды, см. *Толлуолсульфамиды*, *Хлорамиды*
- гидразиды, см. *Арилсульфонилгидразиды*
- изоанилаты 4/1203, 1204
- соли и эфиры, см. *Толлизаты*
- хлорангидриды, см. *Толлуолсульфохлориды*
- Толлуолсульфонаты 1/1110; 4/999
- Толлуолсульфонилмочевины 4/1203
- Толлуолсульфоновые кислоты, см. *Толлуолсульфокислоты*
- Толлуолсульфохлориды 4/1205, 396, 937, 1192, 1204, 1206; 2/629, 1319; 3/1218
- Толуол 2/898
- Толуанский бальзам 1/454, 495, 510; 2/936
- 1,4-Толухинон 1/532, 533
- Толлициклат 4/228, 229
- Томаса–Ферми приближение 5/875
- Томасовский процесс 2/498; 3/95; 5/54
- Томатидин 4/861, 862
- Томатон 5/585
- Томато-фикс 5/585
- Томография 2/49; 5/1030
- Томпаки 2/1331
- Томса эффект 4/487
- Тонаксилы 2/995
- Тоинирование
- стекло автомобилей 3/334
- фотоизображения 2/268, 994, 995; 3/334; 4/502, 503, 508; 5/455, 456
- Тонкие взаимодействия 1/405, 413; 4/797, 798; 5/871, 884, 888, 889
- Тонкие пленки 4/1206, 1207; 2/858, 859, 1299; 3/240, 1099, 1101–1103
- вакуумное напыление 3/334, 335, 1104; 2/950; 4/807
- и колебательные реакции 2/851
- и коррозия металлов 2/953
- и пены 3/921, 922
- и смазочное действие 4/725
- коалесценция 2/818
- магнитные 2/1242, 1243
- моно- и микрокристаллические 3/75, 255
- монослой, см. *Мономолекулярный слой*
- оксидные, см. *Оксидирование*
- оптические 3/776
- поверхностные эффекты 3/1161, 1171
- полимерные, см. *Пленки полимерные*
- полупроводниковые 3/335
- расклинающее давление 3/1174; 4/344, 345
- растровая микроскопия 5/872
- толщина, см. *Эллипсометрия*
- электрореологические 4/491
- эмульсионные 5/948
- эпитаксиальные, см. *Эпитаксия*
- Тонкие процессы (методы)
- измельчение 2/350; 3/630
- органический синтез 4/1207, 1208; 2/594, 981; 3/784, 833; 5/153
- электрофорез 5/865
- Тонкослойная хроматография 4/1208, 1209; 1/478; 2/188, 293, 294, 1171; 3/433, 769, 796, 798, 818; 5/23, 35, 112, 172, 270, 425, 621
- Тонкард 3/487
- Тонкс 2/80
- Тонифтал 4/228, 229
- Топаз 3/167; 4/680, 681; 5/386
- Топанолы 2/91
- Топленое масло 2/306
- Топлива(о) 4/1210
- альтернативные, см. *Альтернативные топлива*
- бытовые, см. *Бытовые топлива*
- ваграночное 2/839
- высокоэнергетические 2/1035
- газообразные, см. *Газы нефтяные*, *Газы природные горючие*, *Коксовый газ*, *Топливный газ*
- газотурбинные 1/922; 2/1005; 3/278
- горение 1/1170, 1171
- детонационная стойкость 2/46, 47, 466, 467; 1/499, 607, 705, 1164; 3/725, 726; 5/53, 54
- дизельные, см. *Дизельные топлива*
- жидкие, см. *Жидкие материалы*
- котельные, см. *Котельные топлива*
- моторные, см. *Моторные топлива*
- наддув 2/882
- печные 2/1005; 5/41
- природные, см. *Горючие сланцы*, *Древесина*, *Нефть*, *Торф*, *Угли*
- присадки, см. *Присадки к топливам*
- ракетные, см. *Ракетные топлива*
- реактивные, см. *Реактивные топлива*
- сернистые, см. *Мазуты*
- твердые, см. *Газификация твердых топлив*
- углемазляные 5/40, 41; 1/205, 1087–1089
- химмотология 5/516, 517
- эксергия 5/804, 805
- ядерное, см. *Ядерное горючее*
- Топливные элементы 4/1210, 266, 346, 1211; 3/1130, 1134; 5/658, 847, 859, 910, 917, 927
- Топливный газ 3/1066; 4/194, 1061, 1139
- Топные отношения 4/1211, 858, 1212, 1213, 1215; 5/538
- Топография рентгеновская 4/477
- Топоизомеразы 4/1213, 231
- Топология 4/1214, 857, 1215; 2/694, 906; 3/322; 5/174, 175, 464, 538. См. также *Графов теория*
- Топомеризация 4/1215, 993, 1216. См. также *Рацематы*
- Топохимические реакции 4/1216, 412, 415, 999, 1000, 1217, 1218; 2/694, 5/252, 516
- Тораты 4/1219
- Торбернит 5/281
- Тордон 1/1029
- Торейка 5/49
- Торейлон 3/1198–1200
- Торейфаи 3/1139
- Торелина 3/1139
- Торинант 1/1002; 4/1218
- Торий 4/1218, 299, 431; 5/935, 938, 1017
- аквакомплексы 2/928
- борнды 4/1219, 1220
- галогениды 3/90; 4/1219, 1220; 5/388
- гетерополикислоты 1/1060
- гидрид 4/1219, 1220
- гидроксид 4/435, 1219
- интерметаллиды 1/332, 1037; 2/481, 484
- карбиды 2/624; 4/1219
- металлаты 4/1219
- метеоритный 2/963
- нитрат 2/340, 896; 3/583; 5/827
- нитрид 4/1219
- оксиды 1/820, 821; 2/250, 736, 737, 747, 879; 3/88, 89, 325, 483, 739; 4/785, 1138, 1218–1220; 5/199, 861
- определение 1/336, 380; 2/87, 451, 710, 731, 1090, 1104, 1224, 1230; 3/124, 272, 290, 707, 1058; 4/397, 569, 936, 1221; 5/1030, 1031
- органические соединения 2/731, 928, 1083; 5/276
- получение 1/1104; 2/546, 580; 3/26, 89, 90, 413, 1193; 4/560, 561, 1165, 1220; 5/923, 926
- применение 1/133, 1063; 2/564; 4/1220; 5/76, 160
- свойства 1/132, 1002, 1015; 2/84, 282, 384, 394, 670; 3/97, 165, 403, 583, 955, 957, 958, 1093; 4/299, 318, 322–325, 327, 337, 338, 433, 434, 723, 1214, 1218–1220; 5/166, 366, 945, 946, 1018, 1019
- силицид 4/68, 481, 1219, 1220
- сплавы 1/1063; 2/537
- сульфат 4/435
- фосфиды 4/1219, 1220
- халькогениды 4/618, 1219, 1220
- Торит 4/1218
- Торк 1/108
- Торкретирование 3/651
- Тормозное излучение 2/499, 500, 503, 1219
- Тормозные жидкости 1/650, 1068; 4/31, 199, 627, 1113, 1114
- Торнел 5/49
- Торитона правило 5/642
- Торон(ы) 4/1220, 323–325, 394, 396, 1221; 3/310; 5/948
- Торпа обратная реакция 4/1222
- Торпа–Циглера реакция 4/1221, 1222; 1/47, 258; 3/514; 5/711, 713
- Торсионные углы 2/601; 3/208, 210, 219, 331, 390, 600, 606; 4/1032, 1033
- Тортвейтит 4/675, 710
- Торф 4/1222, 100, 571–573, 1042, 1223; 1/280, 329, 878, 881; 2/131, 341, 348, 504, 703; 3/450, 1054; 5/51
- Торфяные материалы
- битумы 1/565
- воск 1/825–827
- зола 2/348, 498
- нитрагин 1/451
- туфы 2/348
- удобрения 3/789; 5/54
- Тотальный анализ 3/784
- Точка(и)
- анилиновая 1/307; 5/696
- Бойля 1/727
- гелеобразования 1/1001; 4/662
- изовлектрическая 2/408; 3/1166; 4/78; 5/866, 867
- компенсации 5/163
- Крафта 3/182, 302
- критические, см. *Критические параметры*
- Кюри, см. *Кюри точка*
- Нееля 1/341; 2/1111; 3/882; 5/97, 102, 104
- перехода 2/451; 5/102–104
- перитектические 2/59, 60
- помутнения 3/182; 4/700
- реперные 4/1076, 1077
- росы 4/539, 540, 954, 1032, 1033; 1/756, 896, 897, 905, 906; 2/322, 890

- седловые реакций 1/45, 121–125; 2/916, 917; 3/1175–1177
сингулярные 2/55; 3/434
титрования конечная, см. *Конечная точка титрования*
– эквивалентности 2/447, 450, 451, 757, 779; 4/155, 328, 1187
тройные 5/15, 16, 99, 101, 465; 1/923, 1003; 2/57; 4/890, 1029, 1077
фигуративные 2/56, 58, 59, 63, 64
эвтектические 2/58–60, 63
эвтоническая 2/63, 64; 4/358
- Точность
анализа 3/139
взвешивания 1/685, 686, 699–701
- Тощие материалы
известь 2/350
угли 2/597
- Травление 4/1223, 33, 326, 483, 836, 1128, 1216, 1224; 2/435, 436, 452–454, 1008, 1031, 1130, 1180, 1212; 3/368, 700, 1104, 1105, 1247; 5/25, 62, 263, 333, 334, 363, 550, 911–913, 925
- Травоген 4/228, 229
- Тразодол 1/325, 326
- Трайцел 1/425–427
- Трапометрин 3/1042
- Транквализаторы 4/1224, 240, 268, 269, 743, 773, 1193, 1225; 1/317, 504; 2/459; 3/61, 398, 399; 5/115, 520, 592
- Трансактиноиды 5/1016, 1023
- Трансалькирование 2/1093; 3/936
- Трансалькоголиз 4/595
- Трансальдоза 3/918
- Трансамназы 1/552, 751; 3/936, 937
- Трансамнирование 1/395, 558; 3/762, 810–812, 936–938; 4/642
- Трансанулярные реакции 4/1226, 1227; 5/721, 724
- Трансвлияние 3/413
- Трансгалогенирование 3/938
- Трансгидрогеназа 4/1228
- Трансгликозилирование 1/1126; 5/661
- Трансглюкозилазы 2/988
- Трансдукция 4/451
- Трансдукция 4/516, 538
- Транскальциферин 1/746
- Транскетозаза 4/1228, 1119, 1229, 1241; 1/751; 2/969; 3/614, 918, 921
- Транскобаламины 1/742
- Транскортин 1/483, 484
- Транскрипты 2/1325; 3/211, 1242; 4/1231
- Транскриптоны 4/1229, 1231
- Транскрипция 4/1229, 276, 426, 427, 464, 517, 528, 810, 1229–1231, 1240, 1242; 1/559, 1009, 1010, 1012; 2/428, 877, 1322, 1324, 1325; 3/149, 151, 152, 198, 211, 212, 300, 587, 588, 595, 622, 626, 927; 5/620, 636, 818
- Транслокация 1/483; 4/521
- Трансляция 4/1231, 276, 519–522, 1232–1236, 1242; 1/482, 559; 2/428, 877, 1068, 1322–1324; 3/174, 197, 198, 211, 212, 300, 588, 595, 622, 626; 5/606, 818
- Трансмембранное 3/72; 5/757
- Трансмембранное 1/39; 4/1241
- Трансмиссионная микроскопия 5/869–871, 873, 874, 877, 893
- Трансмиссионные масла 4/1237, 726; 2/310, 900
- Трансмиссионный коэффициент 1/125; 2/754
- Трансмутация 1/189; 4/322; 5/43
- Транспегитация 4/521, 1075, 1234, 1235
- Трансплюгониевые элементы 3/99, 1155
- Транспозоны 3/150, 151
- Транспорт
иономембранный 2/522–524
пневматический, см. *Пневмо- и гидротранспорт*
технологический, см. *Транспортеры*
химической, см. *Реакции химические транспортные*
- Транспортеры 1/695, 698; 2/219; 3/1083, 1084; 5/630
- Транспортные биополимеры
белки 1/43, 470, 472, 483, 484, 746; 3/712
рибонуклеиновые кислоты 4/1237, 521–523, 1232–1235, 1238–1241; 1/240, 241, 1012, 1013, 1211; 2/877, 1152, 1169, 1181; 3/173–175, 300, 420, 586–588, 594, 595; 5/769
- Трансферины 1/609
- Трансурановые элементы 4/1241, 1257; 1/408; 2/370; 3/97, 99, 402, 577, 955; 5/935, 1023
- Трансфекция 4/1243
- Трансферазы 4/1241, 1228, 1229, 1242; 1/368, 395, 396, 1000, 1001, 1150, 1151, 1153; 2/364, 365; 3/198, 1241, 1242; 5/158, 159, 243, 268
- Трансферрины 1/484, 1138; 2/412
- Трансферные рибонуклеиновые кислоты 4/1237
- Трансформаторные масла 1/334, 616; 2/208, 363, 676, 981; 3/446, 697, 1245; 4/1116; 5/11
- Трансформация 4/1242, 451, 1243, 1244; 3/157
- Трансфосфатидилирование 5/244, 246
- Трансфосфорилирование 4/518
- Трансфлюидизация 3/896
- Трапекс 3/114, 405
- Траппы 2/776
- Трасилол 1/322
- Трассера метод 4/1244, 261, 882, 1245, 1246; 2/382, 383, 748, 1321; 3/422, 423
- Трассирующие составы 4/1246; 3/972
- Траубе правило 3/1166
- Трахелантаминин 3/1082
- Тревира 4/87
- Треворит 5/788
- Трегалола 3/747, 749; 4/581; 5/38
- Трегера основания 3/1037; 4/390
- Тремолит 4/677, 681
- Трение 4/1246, 136, 137, 172, 582, 1247, 1256, 1257; 1/873; 2/1, 1303; 3/85, 144–147, 167, 340–342, 634–636, 1189; 5/370, 371, 836
- Треозы 2/367; 3/264, 623; 4/1247; 5/957
- Треонизомеры, см. *Изомерия*
- Треонины 4/1247, 189, 215, 277, 1075, 1248, 1261; 1/134, 250, 251, 253, 254, 394, 482, 743, 1022, 1138, 1144, 1149, 1174; 2/22, 34, 35, 361, 1080, 1136; 3/198, 619, 620, 933
- Треосульфид 2/606
- Тренел 2/733, 1026, 1027; 3/838; 4/834
- Треска – Сен-Венана критерий 4/486
- Тресковый жир 2/307, 308; 3/302, 395, 730
- Треспофан 3/1139
- Третанин 5/449
- Третичная структура
белков 1/471, 474, 475; 2/877
нуклеиновых кислот 3/1051, 1052
ферментов 5/159
- Третье начало термодинамики, см. *Тепловая теорема*
- Треугольная диаграмма равновесия 1/68, 69
- Треугольная кислота 3/723, 724
- Трефлан 1/1027
- Трехмерная ароматичность 1/379
- Трехмерные полимеры, см. *Сетчатые полимеры*
- Трещины, см. *Растрескивание*
- Триадимеил 4/247; 5/419
- Триадимефон 5/419
- Триазаметиновые красители 3/131
- Триазены 1/71, 79, 342; 2/69–71, 464, 465; 3/129, 130
- Триазидиноны 4/1250
- Триазиноны 1/1026; 4/1148, 1250
- Триазины 4/1248, 622, 1148, 1249–1251; 1/70, 76, 453, 1026, 1032, 1033, 1209; 2/233, 234; 3/38, 514, 836; 5/224, 449, 708
- Триазолины 1/74, 76
- Триазолы 4/1251, 228, 233, 429, 622, 1248, 1252–1254; 1/74, 85, 432, 529, 712, 1074; 2/233, 412; 3/655, 674, 836; 5/419, 420, 422
- Триаконтан 3/345
- Триаконтанол 1/827
- Триаксилалюминий 4/203
- Триаксилалюминаты 2/1205
- Триаксиламины 1/543; 3/61; 4/501
- Триаксиларсины 4/1269, 1270
- Триаксилбор 3/738
- Триаксилбораны 1/595, 596, 599, 601, 602
- Триаксилбораты 1/582; 5/225
- Триаксилалогенметаны 5/757
- Триаксилгидразины 1/1072
- Триаксилдигидротеростаннаны 2/26
- Триаксилдизидриды 2/67, 68
- 1,2,3-Триаксилдигидроперимидины 3/952
- Триаксилнафталинсульфокислоты 3/375, 376
- Триаксилноксония соли 1/711; 3/936; 4/930
- Триаксилсиланолы 4/682, 683
- Триаксилсиланы 1/1083
- Триаксилсилиловые эфиры 4/1135
- Триаксилсульфониевые соединения 4/931
- Триаксилтионофосфаты 3/1091
- Триаксилуксусные кислоты 4/499; 5/710
- Триаксилфосфаты 2/294; 3/104, 105, 728, 1077, 1117; 4/917; 5/432
- Триаксилфосфины 1/649, 1112; 2/332, 403; 4/51, 1102; 5/125, 432, 791
- Триаксилфосфиты 1/360, 361, 1112; 2/170, 935; 3/914; 4/51, 581, 908, 1152; 5/260, 314
- Триаксилхлорсиланы 3/552; 4/1135
- Триаксилхлорбораны 1/582
- 1,1,3-Триаксилхлорпарафины 1/423
- Триаллат 1/1030; 4/1132
- Триаллиламины 1/175, 176
- Три-В-аллилборазол 1/176
- Триаллилборан 1/176, 178
- Триаллиловый эфир 2/1180
- Триаллилофосфит 4/174
- Триаллилидианураты 2/806; 5/993
- Триаллилидиануровая кислота 5/708
- Триальбины 1/425–427
- Триамиламин 1/232
- Триаминобезол 4/1269
- 2,6,10-Триамино-сим-гептазин 3/37, 38
- Триаминопиридины 1/261
- Триаминопропан 5/440
- 2,4,6-Триамино-1,3,5-триазин 3/33–35
- Триаминотриарилметановые красители 1/367
- Триаминотринитробензол 4/1254, 1082; 1/607, 991
- 2,4,7-Триамино-6-фенилптеридин 4/270
- Триаминофенол 4/1267
- Триаминийфосфат 1/284
- Триамтерей 1/1119; 2/181; 4/270
- Триамцинолоны 1/318, 319; 2/959; 4/219
- Трианбол 1/290, 291
- Триантримиды 1/355, 944
- Триантенон 4/429
- Триариларсиноксиды 1/463
- Триариларсоновые кислоты 1/463
- Триарилбораны 1/595
- Триарилбораты 1/582
- Триарилгидразины 1/1073
- Триарилметановые красители 1/530; 2/114, 979; 3/129, 692
- малахитовый зеленый 2/1271, 302, 447, 979, 1156, 1327, 1330; 1/133, 155, 367, 530; 3/181; 4/230
- фталиновые 2/1082
- фуксины 5/412, 413, 782; 1/367, 614; 2/976; 3/663, 785, 834; 4/230
- Триарилметилгалогениды 4/1254, 1255
- Триарилметилгидроксиланмины 5/791, 792
- Триарилметилкарбанионы 4/1255
- Триарилметилкарбатионы 4/1255
- Триарилметильные радикалы 4/1254, 302, 1255; 1/393; 5/5, 6
- Триарилсиланы 4/682, 683
- Триарилфосфаты 3/1117; 5/29
- Триарилфосфины 1/649, 1112; 5/557
- Триарилфосфиты 1/1112; 5/266
- Триаримол 5/418
- Триарсины 3/309
- Триацетатные волокна 1/425, 426, 2/149, 151, 152, 803–805, 992, 993; 5/234, 235
- Триацетилбензолы 2/742, 743; 4/1269
- Триацетилбензоилсоединения 2/1262
- Триацетилцеллюлоза 5/150, 665–667
- Триацетины 1/1114, 1115
- Триацетоксигидрохинон 5/128
- 3,4,6-Триацетоксикумарин 1/535
- 1,2,4-Триацетоксинафталин 3/389
- Триацетонамины 4/1255, 1256
- Триацетиламины 1/229; 5/118, 1198, 1200; 3/611, 621
- Триацетилглицерин-ацетилгидролазы 2/1184
- Трибензилборан 1/596, 597
- Трибензилдиануровая кислота 5/708
- Триболоминесценция 2/1220
- Трибораты 1/580
- Триборитримид 1/579
- Трибохимические материалы 4/141, 809; 5/836
- Трибохимия 4/1256, 1257; 3/145. См. также *Трение*
- Трибоэлектрический эффект 1/448; 3/167, 634; 4/280
- 2,4,6-Трибром-3-амино-5-нитрофенол 3/519
- 3,4,5-Трибром-2-гидроксифенил 5/127
- 3,3',5'-Трибром-4,4'-диаминодифениловый эфир 2/80
- 2,3,4-Трибромксантоксин 2/1087
- Трибромоловохлорид 3/752
- 4,5,6-Трибромпирогаллол 3/1054
- 2,4,6-Трибромрезорцин 3/693
- 2,4,6-Трибромфенол 5/132
- 3,8,9-Трибромфуролантен 5/212
- Трибромформатан 4/67
- 2,2,2-Трибромэтанол 2/343
- Трибунал 1/1030, 1031
- Трибутилалюминий 2/1290
- Трибутиламины 1/641, 642, 648; 5/406, 439
- Трибутилборат 1/582, 601
- Трибутилгексадецилфосфонийбромид 3/24
- Трибутилдигидротеростаннаны 2/26
- Трибутил(2,4-дихлорбензил)фосфонийхлорид 5/278
- Три-трет-бутилметан 3/330
- Трибутилфалисульфонаты 3/376
- Трибутиловооцетат 3/252
- Трибутиловогалогениды 3/252; 4/494
- Трибутиловогексаметакрилат 1/337
- бис-(Трибутилово)оксид 1/337; 3/252

- Трибутилоловохлорид 3/761
Трибутилортоформат 3/816
Три-(*тер*-бутилперокси)винилкрем-
ний 2/464
Трибутилстанилид 2/1106
2,4,6-Три-*тер*-бутилфеноксил 1/371
2,4,6-Три-*тер*-бутилфенол 1/163,
629
Трибутилфосфат 4/1257, 172, 173,
396, 435, 466, 750, 975, 981, 1020,
1220; 1/537, 650, 986; 2/110, 545,
580, 1006; 3/57, 492, 1155; 5/77, 256,
286, 762, 802, 825, 827, 834
Трибутилфосфиноксид 4/357
Трибутилфосфит 4/1257
Трибутилфталат 2/1044
Трибутилэтоксид 3/761
Трибутирин 1/1144, 1145
Тривандия соединения 2/663, 664,
666, 671, 673, 678, 679
Тривинилортоацетат 3/816
Тривольфраматы 1/822
Тригалловая кислота 4/978
Тригалогеналканы 3/817
1,4,5-Тригалогенантрахиноны 1/943
В-Тригалогенборазолы 1/579
Тригалогенкетоны 1/971; 5/95
2,4,6-Тригалогенрезорцины 4/448
2,4,6-Тригалоген-*сим*-триазины 1/969
Тригалогенуксусные кислоты 1/955
Тригтер 3/842
1,3,5-Тригидразино-*сим*-триазин
1/1076
Тригидроксиантрахиноны 1/260, 353,
573; 2/136, 972, 973; 3/706, 707;
4/720; 5/521
Тригидроксibenзойные кислоты 1/940,
941; 2/1087; 3/690, 692, 693; 4/1269
Тригидроксibenзоилы 1/347; 3/693,
694, 1053, 1054; 4/1268, 1269; 5/140
Тригидроксibenзотропозол 3/1054
1,2,4-Тригидроксibутан 1/651
Тригидроксиглутаровая кислота 1/1101;
2/1164
4',5',7'-Тригидроксi-3',5'-диметоксифла-
вон 5/200
3 α ,7 α ,12 α -Тригидроксi-24-карбок-
си-5 β -холан 4/865
1,6,8-Тригидроксi-3-метил-9-антрон
2/972
1,4,8-Тригидроксi-3-метилксантон
2/974
Тригидроксиметилнитрометан 1/452
11 β ,17 α ,21-Тригидроксi-16 α -метил-9 α -
фторпрегна-1,4-диен-3,20-дион 2/30
3',4',6'-Тригидроксi-7-метоксиаурон
2/973
Тригидроксипиридины 3/710
11 β ,17 α ,21-Тригидроксипрегна-1,4-ди-
ен-3,20-дион 2/959
11 β ,17 α ,21-Тригидроксi-4-прегнен-
3,20-дион 3/571
2,4,6-Тригидроксi-1,3,5-триазин 5/708
3,6,7-Тригидрокситропан 5/17
2,6,7-Тригидрокситропан-3-карбоновая
кислота 5/21
2,6,7-Тригидроксi-9-фенил-3(3Н)-ксан-
тенон 5/127
Тригидроксифлаван 5/200, 202
Тригидроксифурфуролы 2/1218; 5/128
11 β ,17 α ,21-Тригидроксi-9 α -фтор-16 α -
метилпрегна-1,4-диен-3,20-дион
2/959
3,7,12-Тригидроксихолановая кислота
2/278
1,3,5-Три(гидроксietил)гексагидро-
сим-триазин 1/453
Тригидрофосфаты 5/250
Тригликоли 1/1134; 4/201; 5/15
Триглим 1/590, 1140; 5/722
Триглицериды 1/48, 826, 1085, 1117,
1143-1146; 2/303-305, 812, 1151,
1188, 1191, 1215; 4/52, 376-381,
527; 5/819
Триглицинсульфат 4/284, 608, 785
Тригонеллин 3/470, 487
Тридекановая кислота 1/863, 864
Тридекапентиды 3/37
Тридеморф 5/419
Тридециловая кислота 1/863, 864
Тридециловый спирт 1/866
Три(2,3-дibромпропил)фосфат 1/335
Тридинимты 2/1025-1027; 3/439
Триены 1/1180; 5/970
Трижелеза соединения 2/481, 485, 486
Тринзобутилатиуминий 4/1257, 1258;
1/210; 5/774
Тринзобутиламин 1/641, 642
Тринзooksилтримеллитат 1/515
Тринзопропаноламин 2/378, 379
Тринзопропилбензиловый спирт 4/1258
Тринзопропилсилильная группа 2/326
2,4,6-Тринзопропил-1,3,5-триоксан
2/1297
Тринзопропилфенилсульфенилхлорид
5/244
Триизоцианаты 2/286
Триодбензойная кислота 4/477
1,2,3-Триодпропан 1/1146
Триодрезорцин 4/234
3,5,3'-Триодтироксин 1/1173
Триодтирион 4/1258, 1169, 1171,
1172; 1/340
Трикальция соединения 2/582, 583,
937
Трикарбаллиловая кислота 5/793
Трикарбонилжелеза соединения 1/981;
2/275, 276; 3/84; 5/721
Трикарбонилхром 4/1201
Трикарбонил(циклопентадиенил)мар-
ганец 1/326, 327; 2/1288; 4/641
Трикарбонил(циклопентадиенил)рений
4/468
Трикарбоновые кислоты 1/514;
цикл 4/1258, 430, 523, 894, 1119,
1259-1262; 1/195, 556, 558, 611,
1136, 1142, 1152, 1156; 2/241,
633, 969, 1159, 1169, 1179, 1193;
3/469, 612, 617, 618, 621, 623, 625,
668, 684, 700, 810, 811, 919, 1083;
5/410, 415, 1015, 1054
Трикетомидазолидины 2/412
цис-9-Трикозен 3/407, 737
Трикрезилфосфат 1/286, 506, 918;
2/867, 868, 996; 3/905, 1117, 1126;
4/172; 5/256
Трикрезол 1/338; 2/18, 1004
Трикритическая точка 2/1073; 5/104
Трикротилборан 1/176
Триксенилфосфат 1/286
Трилан 1/425-427
Трилауриламин 1/270
Трилистный узел, см. *Топология*
Трилленогенин 4/577, 578
Трилоны 1/115, 328, 329, 636; 2/273,
580, 999, 1230; 3/359; 4/255, 699;
5/762, 988
Тримезиновая кислота 1/513-515;
3/27; 4/206
N,N,N'-Тримезиноил-*тер*- ϵ -капролак-
там 3/1251
Тримезилборан 1/594, 596
Тримекаин 4/1267; 3/68, 69
Тримеллитовая кислота 1/513-515;
2/396; 3/1116, 1117, 1210; 4/257,
258
Тримеллитовый ангидрид 1/513, 514;
3/1246
Тримеризация 2/93, 403, 742, 743;
3/876; 4/1249; 5/588, 705
Триметаллилборан 1/178, 186
Триметилалюминий 1/210
Триметиламин 1/252, 783; 2/115, 121,
238, 655, 779, 1032; 3/102, 106, 107,
125, 662; 4/342, 947, 968, 1164,
1257; 5/222, 590
4-Триметиламинокротоновая кислота
2/654
1,6-*бис*-(Триметиламоний)гександи-
бензолсульфонат 1/503
Триметиламонийметилд 1/279
Триметиламоний-катионы 3/569
2-Триметиламонийэтилфосфононовая
кислота 5/274
Триметиламин 3/25; 4/258, 1198,
1263
1,4-*бис*-(2,4,6-Триметиланилино)антра-
хинон 2/302
Триметиларсины 3/314; 4/1270
2,4,5-Триметилбензойная кислота
2/236
Триметилбензолы 2/686; 3/26, 27;
4/257, 258, 753, 969
2,3,5-Триметилбензохинон 4/1125
Триметилбидикло[2.2.1]гептанолы
1/585, 586; 5/147
Триметилбидикло[2.2.1]гептаноны
2/600, 601; 5/147
Триметилбидиклогептаны 2/96, 597;
3/1027
Триметилбидиклогептены 1/187;
2/653; 3/1027
Триметилбор 2/282; 5/462, 537
Триметилборат 1/575; 3/980
Триметилбромсилан 3/799
2,2,3-Триметилбутан 1/1023; 3/726
Триметилвинилсилан 2/1020
Триметилгаллий 1/937; 2/282
Триметил(2-галогеноэтил)аммониевые
соли 4/1163
2,4,6-Триметилгексагидро-1,3,5-три-
азин 1/194
3,4,6-Триметил-5-гептеналь 4/588
Триметилгидразин 1/1072
N,N,O-Триметилгидроксилламин 1/1095
1,3,3'-Триметил-2,3-дигидроперимиди-
нийоксид 2/115
2,2,4-Триметил-1,2-дигидрохинолин
4/243
Триметилдихлорсилан 2/1023
Триметил(диэтиламино)силан 2/1020
Триметилдодекатриенолы 3/431, 432;
5/112
Триметилеи 5/738-740
дианион 1/379
Триметиленилголь 1/1133
Триметилениламины 1/71; 2/83, 84
Триметиленилсульфид 2/177; 4/1160
Триметиленимин 1/70
Триметилениметан 3/82
Триметиленимечевина 1/455
эндо-Триметиленинорборан 1/35
Триметилениоксид 3/685; 4/94
Триметиленипиррол 3/1081
Триметиленилсульфид 4/1122
Триметиленисульфон 1/932
Триметилиосилан 3/799; 4/682
Триметилкарбинол 1/648-650
1,3,7-Триметилксантин 2/1084, 1085;
4/268
Триметиллизины 2/577; 3/176
Триметилметан 1/159, 638; 2/1310
1,3,3'-Триметил-2-метилениндоллин
2/700
4-(2,2,3-Триметил-2-метиленилхлор-
кисл)-3-бутен-2-он 2/517
Триметилнафталины 2/1148, 1280,
1285; 3/374
Триметилнитрометан 3/545
2,2,3-Триметилнорборан 2/598
2,2,3-Триметил-3-норборанол 2/598
цис-3-(эко)-5,5,6-Триметил-2-норбор-
нилхлорхлоранол 4/576
3,5,5-Триметил-2,4-оксазолидиндион
4/240, 241
Триметилосонийборофторид 2/118
Триметилормеламин 3/35
Триметилормелем 3/38
Триметилорнитрометан 3/701
Триметилпропан 1/150; 2/805;
4/31, 54, 91; 5/85
Триметилорфосфин 4/1263, 1264;
5/14
Триметилорфосфиноксид 4/1264,
1263
Триметилорфосфинсульфид 4/1263
Триметилортоацетат 3/816
Триметилортобензоат 3/816
Триметилортофенилацетат 3/816
Триметилортоформат 3/815, 816
2,2,4-Триметилпентан 3/333, 726-728
2,2,4-Триметилпентан-1,3-диол
2/1298
2,2,4-Триметил-1-пентанол 3/727, 728
1,2,5-Триметил-4-пиперидон 4/192
Триметилпиридины 2/758, 858
1,1,2-Триметилпропилборан 1/601
2-(1,1,2-Триметилпропил)-4-метилцик-
логексанол 1/697
2-(1,1,2-Триметилпропил)-4-метилцик-
логексанон 1/697, 698
1,2,5-Триметил-4-пропионил-4-
фенилпиперидин 4/192
1,3,7-Триметилпурин-2,6-дион 2/966,
967
Триметилсилан 2/1022
Триметилсиланол 2/1020, 1022
Триметилсилилазид 2/1106
N,O-*бис*-(Триметилсилан)ацетамид
3/552; 4/682
3-Триметилсилан-3Н-диазирион 2/69
Триметилсилидиэтиламин 4/682
N-Триметилсилилимидазол 4/682
Триметилсилилметилметан 3/115
Триметилсилилморфин 4/425
Триметилсилиловые эфиры 1/203;
4/513
N,N-*бис*-(Триметилсилан)тетраметил-
циклодизилан 3/805
Триметилсилитрифтад 4/682
бис-(Триметилсилан)трифторацет-
амид 4/682
Триметилсилилианид 5/783
Триметилсилильная группа 2/326
4-Триметилсиликсобугнилмагнийхлор-
ид 2/1025
Триметилсульфоксонийиодид 2/120
Триметилсульфоксонийметилд 2/409
Триметилсульфонийиодид 2/76
Триметилталлий 4/976
2,4,6-Триметил-1,3,5-триоксан 1/424
Триметилтрисилазан 3/803
1,3,3'-Триметилтрицикло[2.2.1.0^{2,6}]геп-
тан 5/146
Триметилуксусная кислота 1/668;
3/185, 186. См. также *Пивалиновая*
кислота
Триметилфеннамонийхлорид 5/947
2,2,4-Триметил-6-фенил-1,2-дигидро-
хинолин 1/336
2,4,6-Триметилфенол 1/163
Триметилфосфат 4/174
Триметилфосфин 1/987; 5/264
Триметилфосфиноксид 2/630
Триметилфосфит 4/1264; 1/360;
2/621
Триметилфторсилан 3/799
2,2,3-Триметил-3-хлорнорборан 2/598
Триметилхлорсилан 2/1020, 1022;
3/115, 126, 804
Триметилцетиламонийбромид 2/295
2,2,6-Триметилциклогексанон 2/1285
4-(2,6,6-Триметилциклогексенил)-3-
бутен-2-он 2/517
1-(2,6,6-Триметилциклогексенил)-1-
пентен-3-он 2/517
Триметилэтилен 3/917
2,2,2-Триметил-6-этоксi-1,2-дигидро-
хинолин 1/333
Триметилэтоксисилан 1/171
Триметилэтановая кислота 2/600
Триметин 4/240, 241

- Триметозин 4/1226, 1227
N-(3,4,5-Триметоксибензоил)морфолин 4/1225, 1226
3,4,5-Триметоксисбензойная кислота 1/940; 4/439
1,2,4-Триметоксисбензол 3/707
1,3,3-Триметоксисбутан 1/258
1-(2,4,5-Триметоксифенил)-1-пропен 5/1005
Триметоприм 4/231, 902, 1096
Тримолекулярные реакции 4/1264, 1265; 1/1159; 2/124, 195, 508, 509, 753, 755; 3/141, 143, 222; 5/419, 688, 738
Тринатрийфосфат 4/699, 726
Три(н-нафтил)боран 1/594
Триникеля соединения 2/480, 481, 483, 486
Триинобиостаннид 2/481, 486
Тринитриг 3/531, 532
Тринитроалканы 1/1184; 3/551
Тринитроанисолы 3/521, 522, 562
Тринитроанилин 3/522, 523
Тринитробензилловый спирт 4/1266
Тринитробензойная кислота 2/28; 3/525, 526; 4/1266, 1269
Тринитробензол 4/1265, 1026, 1082, 1201, 1266; 1/104, 105, 607, 706; 2/182, 236, 282, 618, 619; 3/116, 388, 521, 522, 557, 952, 1039; 5/115, 558
2,4,6-Триинитробензолазоземезитилен 3/27
2,4,6-Тринитробензолсульфокислота 1/1153
1,3,5-Тринитрогексагидро-сим-триазин 1/1100
2,4,6-Тринитро-1,3-дихлоррезорцин 4/1266
Тринитроксил 4/1265, 1266; 1/705
Тринитрометан 3/550, 558; 4/1102
Тринитроперилен 3/950
Тринитрорезорцин 4/1266, 448, 603; 1/607; 2/186; 3/116
Тринитросоединения 3/556-558
Тринитростилбен 1/393
Тринитротерфенилы 4/1095
Тринитротолуол 4/1266, 1103, 1111, 1265, 1267-1269; 1/109, 280, 607, 705, 999; 3/388, 526, 560, 561, 1020; 5/213
1,3,5-Тринитро-1,3,5-триазациклогексан 1/608, 1000; 4/1249
1,3,5-Тринитро-2,4,6-трихлорбензол 4/1254
Тринитрофениетолы 3/561, 562
Тринитрофенилендиамин 4/1082
Тринитрофенилметилнитрамин 1/608; 4/1111
Тринитрофенол 4/1267, 1266, 1268; 1/705; 3/542, 562, 563, 1020; 5/132
2,4,6-Тринитрофторологюин 1/991
2,4,7-Тринитрофлуорен 4/1026
2,4,5-Тринитрохлоранилин 5/558
Тринитрохлорбензолы 2/133; 3/388, 604; 4/1267
Три(н-нонилфенил)фосфит 1/334
Тринуклеотиды 2/1323
Триозиды 1/1127
Триозид 4/478
Триозофосфатизомераза 4/1268; 2/364, 1211; 3/918
Триозофосфаты 5/347-349
Триозы 3/263, 746-749, 1025
Триоксазин 4/269, 1225, 1226
Триоксан 1/337, 702, 1133; 2/673, 699; 4/64, 999; 5/53, 134, 135, 221, 225
Триоксанильный радикал 5/225
3,6,9-Триоксаундекандикарбоновая кислота 4/478, 479
1,3,6-Триоксациклооктан 2/211
Триоксисбензолы 4/1268, 1269
1,2,3-форма, см. *Пирогаллол*
1,2,4-форма, см. *Гидроксигидрохинон*
1,3,5-форма, см. *Флороглюцин*
Триоксидфторид 2/769
Триоксиметилен 2/140, 598; 5/567
Триоксоланы 3/659
Триоктиланин 2/519; 3/566
Триоктилметиламмоний 2/519
Триоктилтримеллитат 3/1117
Триоктилфосфат 4/698
Триоктилфосфиноксид 5/827
Триолеин 1/1145
Триолит 3/563
Триолы 4/31, 53, 54; 5/10, 85. См. также *Глицерин*, *Триметилпропан*
Триомбрат 4/477, 478
Триорганилфосфаты 4/1162
Триорганилфосфиноксиды 4/1264
Триорганосиланы 4/1269, 1270
Триорганосилолаты 2/1022
Триорганосиланы 3/800
Триорганотерсиланы 3/799
Триорганотиоанбораты 1/598
Трипальмитин 1/1145
Трипальмовый красный 2/1217
Трипафлавин 2/1216, 1217; 3/834; 4/466
Трипеленнамин 1/324, 325
Трипентиламин 1/232
Трипиридил 3/759
Трипиридинкарбоновые кислоты, см. *Пиридинкарбоновые кислоты*
Триплекс 3/1224, 1254; 4/841
Триплетные состояния 1/1012, 1013; 2/5, 501, 622, 623, 729, 766, 1220-1223, 1239; 3/287, 288, 507, 628, 782, 891; 5/350, 355, 357, 443, 446, 458, 459, 812, 882, 883, 886, 891, 893
Триполифосфаты 3/303; 4/543
Триполифосфорная кислота 5/299
Трипропиламиний 1/210, 998
Трипропиламин 4/196-198
Трипропилбор 3/738
Трипропилборат 1/596
Трипропилоформат 3/816
2,4,6-Трипропил-1,3,5-триоксан 2/1297
Трипропионин 1/1144, 1145
Трипсин 4/1270, 191, 216, 217, 430, 642, 1270; 1/341, 471, 472, 476, 551, 558, 1098; 2/476, 875; 3/176, 199, 622, 847; 5/17, 158, 273, 518
Триптамин(ы) 2/457, 636; 3/619, 620, 1022; 4/327; 5/1, 197
Триптаг 3/726
Триптизол 1/274
Триптицен 4/390
Триптофан 5/1, 2, 149, 181, 217, 271, 518, 529, 968, 970, 1049; 1/35, 105, 114, 250, 253, 254, 396, 416, 475-477, 482, 544, 603, 1013, 1152, 1164, 1171; 2/232, 456-458, 577, 606, 636, 856, 1086; 3/163, 470, 619, 620, 924, 931, 1022, 1134; 4/217, 439, 642, 652-654, 758, 873, 1229, 1260
Триптофаназа 5/2, 150
Триптофангидроксилаза 4/654
Триптофан-индол-лиаза 5/2
Трисазокрасители 2/996
Трисалицилат 2/1141
Трисахариды 3/746-749; 4/880; 5/201
Трисбей 1/1028, 1029
Трисилан 3/576
Трисилоксаны 3/806, 807
Трисилол 2/1078
Тристегарин 1/1145
Тристронций-бис-(гексагидроксоалюминат) 1/205
Трисульфамин 3/576
Трисульфамиды, см. *Трисульфонамиды*
Трисульфиды 4/42, 43
Трисульфонамиды 4/896, 897, 899, 900
Трисульфониламины 4/896, 897
Трисульфоны 4/932, 934
Трисульфурилхлорид 4/939
Трисульфурон 4/932
Тритан 1/947; 5/6
Тританол 5/5, 6
Тритерпеноиды 2/602; 4/576, 577, 579, 580
Тритерпены 1/342; 2/283, 660; 3/939, 940; 4/740, 1090, 1092
Тритианы 4/1132, 1160, 1164; 5/222
Тритий 5/2, 3-5, 1019; 1/403, 775, 1080; 2/25, 394, 503, 758, 1202, 1205; 3/575; 4/321, 828
Тритил 3/569
Тритилазиды 5/792
Тритил-Н-галогенамины 5/792
Тритилгалогениды 5/6-8
Тритилирование 5/692
Тритилкалий 5/6
Тритилнатрий 5/6, 8
Тритиловые эфиры 3/268; 5/8
N-Тритил-фосфатидилэтаноламинамины 5/246
Три-о-тимотид 2/798
Тритиокарбонаты 2/935; 4/1139
Тритион 2/179, 180
Тритиоортоэфир 4/934
Тритиоуглеродные кислоты 4/1152-1154
Тритиоуксусная кислота 4/918
Тритиризол-л-азобензоларсенат 1/323
Три(н-толил)карбинолы 4/918
Тритоны 1/280; 2/780; 3/32; 4/584; 5/2, 709, 1022
Три(трифторметил)арсин 4/1269
Триураноктаоксид 5/79
Трифендиоксазины 3/676, 677, 1017
Трифенилалкилфосфоний 1/752, 753
Трифенилалюминий 2/182
Трифениламин 2/497; 4/1145
Трифениларсин 4/1269, 1270
Трифениларсоний-катионы 4/396
Трифенилбензол 1/441; 4/61
Трифенилборазолы 1/579
Трифенилборан 1/594
Трифенилборат 1/582
Трифенилбромсилан 3/799
2,3,4-Трифенил-6-трет-бутил-α-тиолиран 4/1143
1,3,5-Трифенилвердазил 1/684; 4/302
Трифенилгаллий 1/937
Трифенилгидразин 1/1075
Трифенилдихлорфосфоран 5/292
Трифенилен 3/894; 4/1094
Трифенилкарбинол 5/8, 8; 1/375; 4/525, 918, 1156
Трифенилкарбонат 2/638
Трифенилметан 5/6, 5, 785; 1/375, 487, 947; 2/777, 888, 889; 3/1058; 4/230, 538, 539
Трифенилметановые красители 1/238, 366, 367, 487; 2/990, 1156; 3/1013, 1016; 4/504, 668, 1198; 5/561
пищевые 3/1089
протравные 4/247, 248
прямые 4/247
фиолетовый, см. *Кристаллический фиолетовый*
Трифенилметанол 5/5, 6
Трифенилметантриизоаннат 2/406; 4/54
Трифенилметил 2/325; 4/301, 302, 304, 1254, 1255
Трифенилметилгалогениды 5/6
Трифенилметилловые эфиры 3/268
Трифенилметилпероксид 5/8
Трифенилметильные радикалы 5/5-8
Трифенилловые эфиры 3/268; 5/6, 7
Трифенилового соединения 1/193, 341; 3/252, 916; 5/421, 449
Трифенилперхлораты 3/989, 1038; 4/1143
2,4,6-Трифенилпираны 3/1037; 4/1143
Трифенилсилан 2/1025
Трифенилсиланол 2/1020
трис-(Трифенилсилил)барит 2/1025
Трифенилсилилитий 2/1025
Трифенилсульма 3/761; 4/946
Трифенилтиофосфат 5/7
2,4,6-Трифенил-1,3,5-триазин 1/517
Трифенилуксусная кислота 4/538, 539
Трифенилсульфат 5/6, 7, 256; 2/807; 3/1117
Трифенилфосфин(ы) 5/7, 264, 439; 1/943; 2/26, 537, 645, 927; 3/186; 4/42, 396, 925, 1153, 1166, 1167
Трифенилфосфиноксид 2/110; 3/187; 4/1220; 5/261
Трифенилфосфинсульфид 5/261
Трифенилфосфит 5/7, 962; 2/186, 804; 3/1210, 1217, 1258; 4/173, 1264
Трифенилфосфонийметилд 2/409; 4/1153
Трифенилхлорметан 5/7, 6, 8
Трифенилхлорсилан 3/799; 5/128, 129
Трифенморф 3/252
Трифеноксидигалогенфосфораны 2/716; 5/7
Трифиллин 4/555; 5/654
Трифилаты 3/268, 603, 980; 4/930
Трифилуралин 1/1027; 4/196
Трифурин 5/419
Трифосфаты 5/14, 248, 250, 252, 253
Трифосфоинозитиды 5/271, 272
Трифосфоновые кислоты 5/280
Трифосфопиридиннуклеотид 5/745
Трифосфорные кислоты 5/287
Трифтазин 3/398, 1029
Трифтораминоксид 1/93, 96, 98
Трифторацетальдегид 5/10
Трифторацетамид 5/9
Трифторацетанидрил 4/100; 5/9, 10
Трифторацетаты 5/10
Трифторацетилацетон 5/8, 610
Трифторацетилацетонаты 4/424
Трифторацетилгидроксамовая кислота 5/9
Трифторацетилнитрит 5/9
1-Трифторацетилкарбоксамиды 3/887
Трифторацетилхлорид 5/9
Трифторацетилнитрил 5/9
Трифторбромметан 1/704; 2/432; 3/649; 5/9, 549
Трифторвинилфторсульфат 5/409
Трифторидметан 3/191, 981; 5/9, 10
Трифторметан 4/1104; 5/9, 549, 550, 579
Трифторметансульфамид 4/897
Трифторметансульфокислоты 1/299; 3/101, 603, 980; 4/923; 5/372
Трифторметансульфохлорид 4/937
Трифторметиларсин 3/314
Трифторметилбензол 1/529, 945; 3/1216
Трифторметилбромид 2/432
Трифторметилдихлорсилан 5/9
Трифторметилдигалогениды 1/1122; 4/938; 5/399
3,3-бис-(Трифторметил)-3Н-дiazирин 2/69
Трифторметилдихлорфосфин 1/963
бис-(Трифторметил)карбамоилфторид 3/914
бис-(Трифторметил)кетон 1/1085
бис-(Трифторметил)нитроксил 3/544
Трифторметилсульфохлорид 2/698
Трифторметилтетрафторфосфоран 2/716
N-Трифторметилтиофталмид 1/337
Трифторметилтрифторвиниловый эфир 1/995
2-Трифторметил-3,3,3-трифторпропионовая кислота 1/1085
6,8-бис-(Трифторметил)трицикло[4.2.2]дека-7,9-триен 3/1216
Трифторметилуксусная кислота 1/783
бис-(Трифторметил)фосфонистая кислота 1/1113
Трифторметилфторсульфат 5/409
Трифторметилдихлорексан 1/529
Трифторнауксусная кислота 5/8
Трифторнитрозометан 5/9; 3/539, 914

- Трифторнитрометан 5/9
1,1,1-Трифтор-2,4-пентадион 5/8
3,3,3-Трифторпропилен 5/401
3,3,3-Трифторпропилтрихлорсилан 2/1019
Трифторпропин 2/1108
Трифторсилан 2/1031
4,4,4-Трифтор-1-(2-тиенил)-1,3-бутандион 4/1034
 α,α,α -Трифтортолуол 1/529
1,1,1-Трифтортрихлорэтан 1/948; 3/656; 4/195; 5/10
Трифтортрифторметилсульфуран 4/938
Трифторуксусная кислота 5/9, 8, 10, 225, 408, 663, 903; 1/299, 442, 990, 1083; 2/1, 65, 140, 697, 1106, 1107, 1288; 3/532, 887, 982, 986, 1206, 1212, 1246; 4/277, 1157, 1173
Трифторхлорметан 2/300; 5/7, 8, 548–550
Трифторхлорсилан 2/1031
Трифторхлорэтилен 1/714; 2/214, 1150; 3/986; 5/389, 397, 401, 402
1,1,1-Трифторэтан 1/714; 4/1215; 5/548–550
2,2,2-Трифторэтанол 3/1206; 4/805; 5/10
Трифторэтилен 4/285; 5/401
Трихиноилктагидрат 3/723
Трихлорип 1/1028
1,1,1-Трихлоралканы 1/715
Трихлорамин 1/93; 5/557
2,4,6-Трихлоранизол 1/304
Трихлоранилины 4/1105, 1254; 5/444, 558
Трихлорантрахиноны 1/354, 943–945
Трихлорацетальдегид 1/194; 5/556, 557
Трихлорацетамид 5/585
Трихлорацетилирование 1/971
Трихлорацетилхлорид 4/1106; 5/585
Трихлорацетонитрил 3/516, 1028; 5/450
Трихлорбензолы 5/10, 11, 383, 562, 817; 1/113, 945, 995, 997; 2/201, 202; 4/1254
Трихлорборазол 1/579
Трихлорбутанол 5/580
Трихлоргексаацетатом 2/930
2,2,2-Трихлор-1,1-ди(п-хлорфенил)этанол 1/107
Трихлоризоциануровая кислота 1/193, 452; 5/708
Трихлормидофосфаты 2/415
Трихлормеламин 1/452
Трихлорметан 3/1059; 5/579, 580. См. также *Хлороформ*
Трихлорметансульфокислота 3/102
Трихлорметафос 2/470
(Трихлорметил)бензол 1/529, 996; 4/1201
2-Трихлормети-4,4-диметил-2-оксазолон 3/681
Трихлорметилдихлорфосфин 1/963, 965
Трихлорметилперхлорат 3/989
1,1,1-Трихлор-2-метилпропанол 1/960
Трихлорметилсилан 3/804; 4/1138
 α,α,α -Трихлорметилсульфоны 4/343
Трихлорметилтетрахлорфосфоран 1/965; 3/111
N-Трихлорметилтио-1,2,3,6-тетрагидрофталимид 1/337; 3/653
Трихлорметилфосфорильные соединения 1/361
(Трихлорметил)хлорбензолы 5/583, 584
Трихлорметилхлоркарбонат 2/187
Трихлорнафталины 5/567, 568
Трихлорнитробензолы 2/203
Трихлорнитрозобензол 4/1254
Трихлорнитрометан 3/539
1,1,2-Трихлор-1-нитроэтан 1/715
Трихлорорганиосиланы 3/804
Трихлорорганосфосфораны 2/764
4,5,6-Трихлорпикколиновая кислота 3/1018
2,4,6-Трихлорпиримидин 1/455
1,2,3-Трихлорпропан 4/42
1,1,3-Трихлорпропен 1/1175
1,1,2-Трихлорпропионитрил 1/117
2,6,8-Трихлорпурин 3/279; 4/273, 274
Трихлорсилан 2/1023, 1032; 4/925; 5/310, 311, 710
Трихлорсульфолан 4/926
 α,α,α -Трихлортолуол 1/529
2,4,6-Трихлор-1,3,5-триазин 5/708
1,2,2-Трихлортрифторэтан 3/911
Трихлоруксусная кислота 1/1027, 1126; 2/281; 3/33, 535, 986; 4/172, 200, 1011, 1106, 1173; 5/556, 584, 585
2,4,6-Трихлорфенетол 5/120, 121
бис-(2,4,5-Трихлорфенил)дисульфид 3/1115
Трихлорфениловые эфиры 3/931
2,4,5-Трихлорфеноксиуксусная кислота 1/956; 2/137, 138; 5/585
Трихлорфенолы 1/337; 2/137; 4/1104, 1105; 5/139, 587, 588
Трихлорфлуорены 5/213
Трихлорформ 2/473
Трихлорфосфазосульфониларены 4/899
Трихлорфторметан 3/656, 909, 911
Трихлорхиноинимин 3/567
Трихлорэтанол 5/556
Трихлорэтаны 5/11, 12, 13; 1/715, 948; 2/204; 3/631, 1252; 4/359
Трихлорэтен 5/12, 13
Три- β -хлорэтилборат 1/582
Трихлорэтилен 5/12, 13, 56, 196, 585, 979; 1/427, 429, 922, 948; 2/14, 309, 1130; 3/192, 1204; 4/197, 285, 359, 444, 812, 1106
Три- β -хлорэтилфосфит 5/13
Три- β -хлорэтилфосфонат 5/13
Трихлортоксисилан 1/171
Трихлоресин 3/1082
Трихомицин 1/321; 2/972
Трихомонады 5/14, 527; 4/232, 239
Трихолоп 4/239
Трихотецены 3/152–155
Трихрома соединения 2/479, 481; 5/617, 630
Трицианометан 3/512; 5/706
Трицианозетенол 4/1108
Три- β -цианэтилфосфин 5/14
Три- β -цианэтилфосфиноксид 5/14
Тришклен 4/1092
Трициклоалкилбораны 1/595
Трициклогексиметан 1/141
Трициклогексильологидроксид 1/108
1-(Трициклогексилстанил)-1,2,4-триазол 1/107
Трициклодеканы 1/34, 35
Трицикло[3.3.2.0^{4,6}]дека-2,7,9-триен 1/620
Трицикло[5.2.1.0^{2,6}]додека-3,8-диен 2/205, 206
Трициклофосфаты 5/248, 249, 253
Трициклофосфорная кислота 5/287
Трицин 5/200
Трициркконаты 5/761
Триэтаноламин 1/19, 158, 159, 193, 235, 339, 424, 629; 2/750; 3/301, 712, 838, 1029, 1164; 4/397, 445, 672, 726, 1012, 1102, 1138; 5/951, 974–976, 991, 993
Триэтилламиний 5/14, 15, 78, 711, 1216; 1/210, 596, 998; 2/210, 404; 3/79, 803, 913; 4/341, 573
Триэтиламин 1/270, 358, 435, 509, 810, 895, 987, 1085; 2/14, 412, 556, 896, 1032, 1110; 3/180, 518, 521, 831, 952, 1246, 1253, 1254; 4/872, 899, 934, 1037, 1102, 1131, 1138, 1192; 5/125, 745, 782, 977–979, 988, 995
Триэтилларсин 4/1269
Триэтилборан 1/599
Триэтилборат 1/582, 588, 596
Триэтилгаллий 1/936, 937
Три(2-этилгексил)тримелитат 5/981
Три(2-этилгексил)фосфат 3/1117; 5/981
Триэтилгидросилан 1/1109
Триэтилдиэтоксифосфорилимидофосфат 2/414
Триэтилентгиколь 5/15, 660; 1/1133, 1140; 2/19, 627; 4/230, 1110, 1202
Триэтилентетрамин 1/116; 4/85, 86
Триэтилодсилан 2/1023
Триэтил-N-метилимидофосфат 2/414
Триэтилоксонийтетрафторборат 1/840; 2/381; 3/722, 1050; 4/916
Триэтилортоацетат 3/816
Триэтилортопропионат 3/816
Триэтилортоформиат 3/285, 816; 4/62, 1249
Триэтилсилан 2/1020, 1021; 4/1157
Триэтилсилаол 2/1020, 1022
Триэтилсилильные соединения 2/326, 412, 550, 1022, 1025
Триэтилтриметилдисилоксан 2/1022
Триэтилфосфаты 2/414, 415, 741; 5/57, 256
Триэтилфосфин 2/404, 415
Триэтилфосфиноксид 5/860
1,1,3-Триэтоксидан 1/423
Триэтоксисилан 1/171, 172; 2/1009, 1020, 1023, 1024, 1032; 4/71, 671
Тривентол 5/592
Троталанд 2/820
Троилит 2/265
Тройные связи 2/983, 984
Тройные спирали 2/1266
Тройные точки, см. *Точки тройные*
Тройной ядерный магнитный резонанс 5/1028
Тролитакс 5/144
Тропан 5/144
Троматидин 1/35
Тромбин 5/16, 17, 167, 168; 1/321, 331, 470, 1022; 2/559; 4/249, 250
Тромбоксаны 3/396; 4/211–213; 5/801
Тромбомодулин 4/249
Тромбопластин 1/321
Тромелит 5/251
Трона 1/956; 2/637; 3/356
Тропан 3/1080; 5/17
алкалоиды 5/17, 18, 591; 4/530
3-Тропанол 5/591
Тропафен 5/18, 19; 1/48, 49
Тропацин 4/238
Тропеолины 5/19, 20; 2/447, 449
Тропилен 3/579; 5/22
Тропилия соединения 5/20, 21, 725; 2/1276; 3/251, 390
Тропиловый спирт 5/20
Тропин 1/414, 415; 3/1030; 5/17, 18
Тропинон 2/1279; 4/529
Троповая кислота 1/414, 415; 5/17
Тропоколлаген 2/856, 857
Трополозохинолины 2/398, 399
Трополаны 5/21, 22, 724; 2/861–863; 3/390
Тропомозин 3/177, 178
Тропины 2/577; 3/177, 178
Тропосфера 1/399, 553
Тростниковый сахар 1/195; 2/755; 3/1078; 4/581
Тротил 1/607, 608, 705, 706, 1000; 3/729–731; 3/846, 1020; 4/1265–1267; 5/988
Тротилаты 4/1266
Тротиловое масло 4/1267
Трубчатые аппараты
атмосферные и атмосферно-вакуумные 2/166–168
для тепловой обработки, см. *Печи*
инфразвуковые 2/491
мембранные 3/44
растворители 4/354
реакторы 3/1062, 1063; 4/402
сушильные 3/637
Трубы (трубки)
индикаторные 2/446; 3/847; 5/819
пекволокнистые 3/89
рентгеновские 2/430, 503; 4/471, 473, 481
ударные, метод 5/53, 54; 2/754; 3/420, 1101; 4/562
электрониолучевые, см. *Электронная микроскопия*
Трудногорючие материалы 1/1175, 1176; 3/1187
волокна 5/22; 4/1083
Трускилины 5/18
Трускиловая кислота 2/935; 4/1217; 5/18
Трускиновая кислота 2/935; 4/1217
Трутона
закон 1/729; 4/485
правило 4/763
Трусы перегруппировка 4/729
Тубазид 2/1162
Туберциды 3/594, 595
(+) -Тубокурарин 5/23, 1056; 2/401, 1105; 3/845
Туболизин 1/145
Тубулокталатры 2/798
Тубулины 2/578
Тубное масло 5/147
Туйон 5/1004
Туки 2/869, 870; 5/54, 55
Тулий 5/23, 24, 164, 938; 1/978, 1185; 2/222, 546, 1148; 3/957, 958; 4/325, 432–435, 437
Туманоулавливание 5/24, 25, 300; 1/448, 898–900; 2/613, 614
Туманы 1/446, 898, 900, 912; 2/46, 153, 154, 239, 818, 890; 3/843, 1174; 4/227, 281, 283; 5/24, 25
Тунговое масло 5/25, 26, 134; 1/153, 342, 563; 2/268; 4/377–380, 383
Тунгстен 1/815
Тункиамидины 3/596
Туннельная сканирующая микроскопия 5/26, 28, 842, 874
Туннельные реакции 2/1034, 1035
галогенирование 2/1034
изомеризация 2/1034
обменные 1/1035; 2/918
полимеризация 2/1034
рекомбинация 2/1035
цепные 2/1034
Туннельные устройства
печи 3/999
сушилки 4/959, 960
Туннельный эффект 5/26, 27, 28, 103; 1/125, 380; 2/318, 721, 728, 729, 755, 758, 918, 1034, 1035, 1311; 3/31, 97, 652; 4/105, 245, 751
Тураноза 3/748
Турбидиметрия, см. *Нефелометрия и турбидиметрия*
Турбинные масла 5/28, 29, 30; 1/334; 2/676
Турбинные устройства
компрессоры 1/468; 2/884, 885; 3/340; 5/593
мешалки 2/146; 3/941, 942
насосы 2/1315; 3/344; 4/342
расходомеры 4/383, 385, 386
сушилки 3/637
Турбулентные процессы
движение среды 1/1105, 1169; 3/947, 1142, 1143; 4/486, 487, 881, 1043, 1044, 1047; 4/486, 881
диффузия 5/29, 30, 31; 2/195, 1298, 1300, 1302, 1303; 3/946–948, 1099–1102
коагуляция аэрозолей 1/448
перемешивание 3/941, 942

плазмохимические 3/1099–1102
 промывка газов 4/574
 самоорганизация 4/574
 Тургор 3/830
 Турепкий таннин 4/978
 Турилатетат 1/669
 Турмалин 2/222; 3/167, 1078; 4/284, 681
 Турнбулева синь 2/272, 565, 566, 1148; 5/703
 Турнерон 5/144
 Турьит 2/254
 Тусупрекс 4/231
 Туттадерма 3/1139
 Туфы 1/544, 870; 2/348
 Тушение
 возбужденных состояний 4/588, 589
 — — люминесцентных 2/192, 990, 1062, 1083, 1212, 1216, 1223, 1224; 3/272, 837; 5/213, 338, 339, 812
 — — электронного 5/953
 горения 2/432, 433
 кокса 2/841, 842, 847
 металлов 3/648
 пожаров 3/648, 649, 922, 1190, 1191; 4/666
 реакций 2/1239. См. также *Макрокинетика*
 Туэпилины 5/21
 Тьюринга модель 3/842
 Тьюфен 1/635
 Тэйт уравнение 4/664
 ТЭН 1/607, 705; 3/507
 ТЭС, см. *Тетразилсвинцев*
 ТЭСы 2/962; 4/728, 1007
 Тюлений жир 2/307–309; 3/302
 Тюрингит 2/270
 Тюямунит 1/672; 5/73
 Тяжелая вода 5/31, 32, 33, 922; 1/764; 2/25, 387, 393; 3/402
 Тяжелые материалы
 магнетизма 2/1248
 нефти и нефтепродукты 1/920; 2/166, 167, 169, 170, 593, 680, 682, 965
 цветные металлы 3/96
 шпаты 1/457, 544
 Тяжелый органический синтез 3/832, 833

У

Уабанн 1/41
 Уайт-спирит 1/19, 427, 562, 831; 2/1130, 1318; 3/466, 750, 994; 4/34, 66, 286, 502
 Убеллоде прибор 2/306
 Убиквин 1/322, 330
 Убикитин 4/217
 Убихинолы 4/894; 5/34
 Убихиноны 5/34, 35, 345, 346; 2/241, 242, 747, 972; 3/48, 669, 670; 4/894
 Уваровит 5/608
 Увитиновая кислота 3/27
 Угарный газ, см. *Углерода оксид*
 Уги реакция 5/35, 36; 2/373, 419
 Углеаммиакаты 2/290
 Углевороды 5/36, 42; 1/399
 алифатические, см. *Алифатические соединения*
 алициклические, см. *Алициклические соединения*
 альтернантные 1/204, 205; 4/419; 5/643, 648
 ароматические, см. *Арены*, *Ароматические углеводороды*
 ацетиленовые, см. *Ацетилен*, *Ацетиленовые соединения*
 газовые конденсаты 1/912, 930, 991; 2/1175; 3/452
 галогенированные, см. *Галогензамещенные углеводороды*

гомологический ряд 3/784, 785
 Джекоба 4/861, 862
 диеновые, см. *Диеновые углеводороды*
 Дильса 4/861, 862
 ениновые, см. *Енины*
 и вода, коэффициент распределения 2/942
 как загрязнители среды 1/399; 3/849, 854
 как красители 2/972
 насыщенные, см. *Насыщенные углеводороды*
 нафтеносные, см. *Нафтен*
 ненасыщенные, см. *Ненасыщенные углеводороды*
 нефтей, см. *Нефть*
 предельные, см. *Насыщенные углеводороды*
 растворяющая способность, см. *Растворители*
 селективность связыва 2/811
 сжиженные, см. *Сжижение газов*
 терпеновые, см. *Терпены*
 циклические, см. *Циклические соединения*
 Чичибабина 3/572
 Шленка 1/562
 этиленовые, см. *Алкены*, *Олефины*
 Углеводы 5/36, 37–39, 152, 343, 348; 1/608–611, 711, 1135, 1136, 1156; 2/232, 364, 522, 819, 989, 1162–1164, 1271; 3/506, 786. См. также *Сахара*, *Фотосинтез*
 альдозы и кетозы, см. *Моносахариды*
 биологическая роль, см. *Биологическое окисление*, *Брожение*, *Гликолиз*, *Глюкогенез*
 иммобилизованные 2/1163
 ископаемых остатков 3/871
 катаболизм, см. *Пентозофосфатный цикл*
 комплексы с белками, см. *Гликопротеины*
 метаболизм 3/611–616, 621, 623, 700, 760, 845; 4/1119, 1259–1261
 номенклатура 3/569
 олигомерные, см. *Олигосахариды*
 определение 3/656, 796; 5/114, 196
 полимерные, см. *Полисахариды*
 формулы Фишера 5/195
 Углеродистые материалы 5/39, 40, 854; 3/244, 895. См. также *Графит*
 антифрикционные 1/344
 волокнистые, см. *Углеродные волокна*, *Углерод-углеродные материалы*
 высокодисперсные, см. *Сажа*, *Технический углерод*
 коксовые, см. *Кокс*, *Каменноугольный*, *Кокс нефтяной*
 Углежжение 5/1059
 Углекислые воды 3/170
 Углекислый газ 5/44, 45. См. также *Углерода диоксид*
 Углемазные смеси 5/40, 41; 1/205, 1087–1089
 Углен 5/49
 Углениты 4/731
 Углепластики 5/41, 42, 49, 50; 1/369, 370; 2/877–880; 3/1119, 1122; 4/723
 Углепласты 5/41, 42
 Углерод 5/42, 54, 936, 938; 1/768; 3/575, 1069
 аллотропия, см. *Алмаз*, *Графит*, *Карбин*, *Лондейлит*, *Фуллерены*
 аморфный 2/767
 атом(ы) гибридные 1/1066
 — — тетраэдрический, см. *Асимметрические атомы*
 галогенды 1/950, 971; 3/148; 5/571. См. также *Четыреххлористый углерод*
 диоксид, см. *Углерода диоксид*

дисульфид, см. *Сероуглерод*
 жидкий 1/188
 коллоидный 2/340
 метеоритный 2/962
 моноксид, см. *Углерода оксид*
 недоокислен 2/1274
 определение 1/121, 210, 1182; 2/710–712, 770, 896, 960; 3/168; 4/158, 159, 627, 779, 883; 5/68
 полимеры 3/419. См. также *Кумулены*
 применение 2/1118, 1119, 1124; 3/484, 777; 4/106, 108, 835; 5/160, 1022. См. также *Науглероживание*, *Углеродные материалы*, *Цементация*
 свойства 1/412, 878, 1015, 1169, 1170, 1192; 2/189, 255, 256, 259, 271, 385, 391–393, 625, 640, 767, 793, 1049, 1117, 1172, 1274; 3/402, 698, 723, 785, 786, 833, 955–958, 1069, 1249; 4/23, 25, 315, 316, 320, 331, 333, 337, 433, 481, 515, 574, 788, 808, 813, 1005, 1019, 1176; 5/16, 42, 43, 44, 349, 543, 553, 617, 630, 1024
 селенид 4/618
 серооксид 5/46. См. также *Углерода сульфид*
 соединения, см. *Органическая химия*, *Органические соединения*, *Органический синтез*
 сплавы 2/249, 250, 269, 827, 828, 1125, 1153, 1154; 3/889, 890; 4/809; 5/102. См. также *Железа сплавы*, *Стали*, *Чугуны*
 сульфидооксид 5/46. См. также *Углерода сульфид*
 технический, см. *Сажа*, *Технический углерод*
 Углерода диоксид 5/44, 42, 43, 45, 54, 150, 206, 416, 467, 976; 1/611, 777; 3/564
 ассимиляция 1/553; 3/270, 788. См. также *Фотосинтез*
 в пожаротушении 3/648, 649, 1186, 1191
 возбужденный 1/556; 2/1127
 жидкий 5/995, 1005, 1059
 и круговорот азота 5/84
 и титрование 2/448
 как вспениватель 3/903, 905–907, 909; 4/134
 как кислота 2/282, 779
 как метка 4/325, 1244
 как плазмообразователь 3/1099
 как продукт гниения 2/767
 как пропеллент 4/196
 как рентгеноотрицательное средство 4/477
 как сушильный агент 4/959, 967
 как флюид 2/610
 коррозионная активность 2/321, 1332
 метаболизм 1/483, 484, 1006–1008; 2/240; 3/148, 612, 615–621, 623, 625, 810–812, 918–921; 4/1259–1261
 насыщение растворов, см. *Карбонизация*
 определение 1/885, 889, 894–896, 915–917, 1182; 2/522, 648; 3/168; 4/627
 получение 1/847, 901–904, 929, 930, 1046, 1049, 1053, 1087, 1146, 1179, 1191; 2/28, 29, 349, 586, 629, 637, 639, 667, 672; 3/53, 119, 253, 280, 289, 346, 1060; 4/654; 5/12, 68, 125, 223, 470, 508, 984, 990, 998
 свойства 1/5–9, 13, 275, 768, 771, 773, 786, 834, 835, 870, 880, 883, 926, 1203; 2/11, 68, 142, 216, 285, 332, 350, 388, 505, 526, 578, 587,

632, 633, 636, 637, 639, 640, 642, 647, 709, 711, 793–796, 1172; 3/101, 226, 281, 356, 359, 392, 665, 696, 761; 4/152, 200, 201, 447, 533, 582, 686, 723, 814, 820, 1058, 1185; 5/52, 142, 181, 217, 332, 503, 701, 790, 834, 835, 975, 990
 твердый 5/593
 токсичность 1/291, 399, 400, 901, 902, 1071; 2/963; 3/327, 364, 639, 849, 853; 5/45
 Углерода оксид 5/45, 46; 1/43, 399, 400, 430, 487, 667, 767, 777, 778, 828, 829, 833, 903, 943, 983; 3/125; 4/193, 1058
 возбужденный 2/1127
 как катализаторный яд 2/668
 как литограф 3/624
 как основание 2/2
 как фактор пожара 3/1186
 межзвездных облаков 2/962
 определение 1/885, 889, 895, 915–917; 2/446, 628; 4/628, 786; 5/916
 применение 3/1069; 5/46, 47. См. также *Восстановительный газ*, *Гидроформилирование*, *Карбонилирование*
 получение 1/878, 1046, 1191; 2/28, 526, 638, 1235; 3/113, 289, 665, 832, 1060; 5/13, 44, 46, 68, 443
 свойства 1/1–6, 170, 184, 597, 598, 648, 649, 689, 877, 888, 904, 990, 1052, 1053, 1087, 1112, 1113; 2/147, 224, 242, 252, 256, 257, 405, 633, 641, 642, 646, 663, 666, 672, 674, 675, 793–796, 853, 863, 933, 970, 1171; 3/78, 84, 101, 107, 119, 253, 281, 449, 450, 473, 486, 666, 735–737; 4/118, 499, 500, 534, 640, 723, 755; 5/16, 56, 23, 224, 238, 361, 387, 442, 688, 985, 995
 смеси с водородом, катализаторы синтеза 2/677, 666. См. также *Синтез-газ*, *Фишера-Тропша синтез*
 соединения с металлами, см. *Карбонилы металлов*
 твердый 2/642
 токсичность 2/327, 1206; 3/113, 849, 853; 4/425, 1210; 5/46
 Углерода сульфид 5/46, 45, 47; 1/902, 930, 932; 3/236, 281; 4/654, 656, 657, 1131, 1136, 1152, 1153, 1167
 Углеродные материалы
 волокна 5/47, 39, 48, 49, 371; 1/802, 805, 807; 2/877, 880; 3/327, 878, 880, 1197, 1198, 1200, 1221; 4/893, 1013, 1014, 1082
 волокнисты 1/807
 графитированные, см. *Графит*, *Графитопласты*, *Углеродистые материалы*
 графитопласты, см. *Графитопласты*
 ионообменные 2/231
 пластики, см. *Углепластики*, *Углеродопласты*
 сорбенты, см. *Адсорбенты*
 текстилы 4/26, 1013, 1014
 Углеродопласты 2/649; 5/41, 42. См. также *Угледопласты*
 Углерод-углеродные материалы 5/49, 39, 41, 42, 50, 51
 Углекислоты 5/51, 52; 2/846
 Угли
 активированный 1/129, 130
 активный, см. *Активный уголь*
 антрацит 1/387, 358, 1192; 2/341, 596; 5/42, 43
 бурый, см. *Бурый уголь*
 древесный, см. *Древесный уголь*
 газификация, см. *Газификация твердых топлив*

- гидрогенизация 1/1085, 1086–1089; 2/596, 665, 670; 4/194, 526, 701–705
- горение 1/1170, 1171; 2/270
- и нефтегазовое сырье 3/450, 451
- каменные, см. *Каменные угли*
- костяной 2/589
- масса золь, см. *Зольность*
- обмывание 2/594
- обогащение 3/631, 632
- платинированные 4/266
- термопереработка, см. *Коксование, Пиролиз, Полукоксование*
- Угли**
- валентные, см. *Валентные угли*
- вращения плоскости поляризованного света 2/292
- диздральные 3/208, 210, 219
- закон постоянства, см. *Кристаллы*
- контактные тонких пленок 4/1206, 1207
- краевые, см. *Краевые углы смачивания*
- между связями 3/797
- «магический» 5/1029
- наклона между рабочей и равновесной линиями 2/1306
- отбора, см. *Локальный анализ*
- сочленения циклов 1/372
- торсионные, см. *Торсионные углы*
- эллипсометрические 5/539, 940
- Уголь, см. Угли**
- Угольная кислота 5/52, 44, 990; 1/1099; 2/507, 637, 784; 3/102, 576; 4/200, 1152
- диамид, см. *Карбамид, Мочевина*
- дифторангидрид 2/640, 641
- дихлорангидрид, см. *Фосген*
- как кислотно-основной комплекс 2/779
- моноамид, см. *Карбаминовая кислота*
- полнамиды, см. *Полиамиды*
- соли 1/969; 3/815–817. См. также *Карбонаты неорганические, Карбонаты природные*
- эфир, см. *Карбонаты органические*
- Угольный ангидрид 5/44, 45. См. также *Углерод диоксид*
- Ударные волны 5/52, 53, 54; 2/46, 47, 146, 623; 3/59–62, 427, 429, 954
- Ударных труб метод 5/53, 54; 2/754; 3/420, 1101; 4/462
- Ударопрочные пластики 2/708; 4/168, 169, 734
- Удобрения 5/54, 55; 3/624, 856
- азотные, см. *Азотные удобрения*
- азотно-фосфорно-калийные 1/467; 2/869, 870; 3/172, 520, 524
- азотно-фосфорные 1/284, 286, 467; 2/84, 290, 869, 870; 3/172, 519–521, 564; 5/54, 305
- активаторы 3/512
- АМТ 1/451, 452
- бактериальные 1/450, 451, 452; 3/157; 5/54
- бесхлорные 2/348
- бормагневые 1/587
- борные 1/587, 586, 588; 2/583, 870; 3/250
- водорастворимые 2/869, 870; 3/172; 5/305, 306
- газообразные 5/54
- гранулирование 1/1188
- двойные 2/869, 870; 3/172
- железные 2/269
- жидкие 2/290, 869, 870; 1/277, 278; 3/172; 5/54, 287
- зеленые 3/789; 5/54
- из отходов кож 2/836
- известково-калийные 2/348
- известковые 2/348, 349, 350, 1233; 1/102, 103; 3/172; 4/621; 5/55
- иодные 2/498, 870
- как загрязнители среды 3/850
- калийно-азотные 2/568
- калийные 2/562, 563, 572, 869, 870; 3/172, 863; 5/54, 55
- карбамидо-формальдегидное 2/619; 1/103; 3/172
- кислотные 3/172
- кобальтовые 2/829, 830, 870; 3/160, 161
- комплексные 2/869, 290, 870; 3/172, 173, 519–521; 5/54, 287, 301
- КОФУ 2/619
- лимоиннорастворимые 5/305
- магневые 2/1232, 1233, 1247
- марганцевые 2/1293, 870, 1288, 1290; 5/54
- медленного действия 4/941
- медно-калийные 3/4
- медные 3/3; 2/870; 3/4, 8
- местные 2/348, 349; 3/863; 5/54
- минеральные, см. *Минеральные удобрения*
- многосторонние 2/869; 3/172; 5/54
- молбидные 3/250, 160, 161, 241, 242, 250; 1/451; 2/870
- мочевинно-формальдегидное 1/103; 2/619; 3/172
- нейтральные 3/172, 173
- односторонние 3/172, 173; 5/54
- окрашивание 3/834
- органические 3/789, 790; 1/1210; 2/498; 3/279; 4/1223; 5/54
- органоминеральные 3/789; 5/54
- полные 3/172
- пролонгированного действия 2/619
- промышленные 5/54
- простые 3/172, 173
- прямые 5/54
- серые 4/650
- слеживаемость 2/83, 563; 3/724
- сложно-смешанные 2/869, 870
- сложные 2/869, 870; 3/172, 173, 519–521, 564, 565, 856
- смешанные 2/869, 870; 3/172, 173
- твердые 5/54
- тройные 2/869, 870; 3/172
- тукосмеси 2/869, 870; 3/172, 173
- уравновешенные 2/869
- фосфорно-калийные 1/467; 2/869, 870; 3/172, 520, 564; 5/54
- фосфорно-кальциевые серосодержащие 4/940–942
- фосфорные, см. *Фосфорные удобрения*
- химические 5/54
- цинковые 5/756, 749, 750, 754, 757; 2/870
- цитраторастворимые 2/870; 3/564
- щелочные 2/870; 3/172
- Удриса-Сергеева метод 5/133
- Удушающие отравляющие вещества 3/843–846
- Узорчатая сталь 2/263
- Уилкинсона катализатор 2/670; 3/78
- УКН, волокна 5/49
- Укропное масло 2/652; 4/1093; 5/147, 1006
- Укрывистость 1/1208; 2/1132; 3/1010–1012
- Уксус 4/394; 5/57
- Уксусная кислота 5/55
- амид, см. *Ацетамид*
- N-фенилзамещенный, см. *Ацетамид*
- ангидрид, см. *Ацетангидрид, Уксусный ангидрид*
- и сопряженное основание 2/782
- ледяная 1/508; 2/75, 121, 411, 770, 1087; 3/814, 870; 4/159, 536, 555, 912; 5/116, 117, 381, 567, 607, 659
- метаболизм 3/613, 621
- мечная 3/148
- нитрил, см. *Ацетонитрил*
- определение 2/896
- получение 1/554–556, 930, 1059, 1060, 1077, 1098, 1136, 1161; 2/85, 103, 226, 640, 646, 666, 935, 936, 1080, 1081, 1100, 1164, 1165, 1174, 1216, 1274, 1329; 3/54, 78, 79, 101, 114, 119, 120, 253, 289, 346, 407, 450, 552, 785, 1055, 1223; 4/257, 500, 535, 745, 755, 768, 803, 804, 904, 920, 1155; 5/57, 115, 376, 377, 833, 997. См. также *Уксуснокислое брожение*
- применение 1/338; 2/775; 3/1125; 4/359; 5/57
- свойства 1/195, 199, 348, 419, 424, 425, 428, 429, 434–436, 440, 442, 494, 495, 504, 515, 566, 609–611, 638, 650, 669, 670, 680–682, 713, 717, 841, 1006, 1069, 1073, 1084, 1096, 1142, 1163, 1216; 2/1, 6, 12, 81, 115, 142, 158, 171, 186, 199, 304, 322, 378, 448, 449, 452, 453, 456, 601, 643, 644, 653, 664, 665, 700, 741, 760, 781, 789, 814, 821, 823, 864, 897, 1008, 1044, 1081, 1148, 1155, 1167, 1211; 3/79, 107, 117, 118, 157, 372, 373, 389, 432, 503, 506, 515, 519, 521, 524, 526, 542, 547, 553, 558, 559, 661, 691, 708, 714, 785, 1043, 1251; 4/177, 248, 265, 371, 378, 562, 578, 591, 718, 751, 854, 860, 862, 865, 918, 934, 935, 1010, 1037, 1055, 1098, 1119, 1125, 1150, 1152, 1159, 1160, 1205, 1220, 1250, 1251, 1262, 1267; 5/5, 6, 8, 10, 33, 57, 58, 94, 123, 124, 131, 182, 200, 202, 439, 453, 585, 590, 666, 729, 982
- эфиры 2/96, 171; 5/56. См. также *Ацетаты*
- амидовые, см. *Амидоацетат, Изомидоацетат*
- бутиловые, см. *Бутилацетаты*
- виниловый, см. *Винилацетат*
- метиловый, см. *Метилацетат*
- целлюлозы, см. *Целлюлозы ацетаты*
- этиловый, см. *Этилацетат*
- Уксуснокислое брожение 1/258, 611, 646; 3/785, 1125; 5/56
- Уксусный альдегид 1/196, 423, 424, 608, 650; 3/84, 660, 1019; 5/197. См. также *Ацетальдегид*
- Уксусный ангидрид 5/57
- получение 1/1077; 2/12, 85, 640, 741; 3/120, 351; 4/705
- свойства 1/46, 187, 199, 240, 252, 299, 424, 425, 428, 434, 435, 437, 439, 441, 442, 487, 505, 517, 519, 532, 697, 698, 990, 1096; 2/115, 121, 142, 181, 210, 347, 456, 544, 823, 888, 931, 1101, 1213, 1298; 3/25, 107, 108, 118, 134, 201, 280, 292, 389, 502, 503, 506, 528, 530, 682, 696, 699, 703, 714, 796, 797, 965, 966, 1033, 1073, 1078, 1212, 1246; 4/53, 63, 71, 100, 273, 274, 570, 607, 868, 1055, 1094, 1096, 1102, 1117, 1121, 1124, 1125, 1130, 1156, 1205, 1253; 5/10, 19, 56, 66, 116, 224, 248, 533, 585, 589, 666, 724, 746, 860, 938. См. также *Ацетангидрид*
- Улексит 1/587
- Ульвешпинель 5/788
- Ульмана реакция 5/58, 59; 2/142, 889; 4/62, 1095, 1135
- Ульстры 4/27
- Ульте реакция 3/708
- Ультразвук 3/1220–1222
- Ультразвук в химии 5/59, 60, 156; 3/145. См. также *Механохимия*
- устройство 5/60, 61, 62, 91, 824; 2/49, 146, 356, 357, 491; 3/144; 4/16, 349, 385–387, 582, 954, 956
- Ультразвук 4/43
- Ультракс 3/1213
- Ультракерметы 2/736
- Ультрамарин 5/62; 2/351, 606, 990, 997, 1003; 3/284, 439, 835, 836, 1011, 1012, 1089; 4/673
- Ультрамикроскопия 5/62, 63, 64; 2/148
- Ультрамикрхимический анализ 1/686–688, 693, 694, 700; 2/711, 856, 1108; 3/161; 5/68
- Ультрасонные горные породы 4/561
- Ультрасон 1/261
- Ультрасонные воды 1/768
- Ультраскорители вулканизации 1/846
- Ультрафильтрация 2/149, 196, 859, 1300; 3/39–41, 45, 859, 861; 4/25
- Ультрафиолетовая спектроскопия 5/64, 65, 66; 1/889; 2/44, 45; 3/209, 231, 459; 4/588, 589, 780, 783–785
- Ультрафоры 3/837
- Ультрафосфаты 5/249
- Ультрафосфорные кислоты 5/287, 291
- Ультрацентрифугирование 5/66, 677, 678; 1/559, 859; 3/589, 599, 600
- Ультрачистые вещества 5/834, 835
- Умбеллиферон 5/66
- Умбра 5/67; 1/1141; 2/1291; 3/1012
- Умеренный холод 5/593, 597–599
- Умичение воды 1/771, 772; 2/283, 514, 515, 571, 579, 587, 772; 3/351, 367, 663; 5/988. См. также *Водоподготовка*
- Ундекактон 5/67; 2/252
- Ундекановая кислота 1/863, 864
- Ундеканол 5/68
- 2-Ундеканон 3/118
- Ундекафторфосфат 3/928
- Ундекафтордисульфиды 5/407
- Ундециленовая кислота 2/660; 4/230, 527; 5/67
- Ундециловая кислота 1/863, 864; 5/68
- Ундециловый альдегид 5/67, 68
- Ундециловый спирт 1/866; 5/68
- Универсальный критерий эволюции 4/1070
- Универсин 2/844
- Унигерм 2/807
- Униконазол 4/429
- Унитарные мультиплеты 5/931
- Унитексы 3/837
- Унитол 1/328, 1130; 2/175, 1216
- Унтершаухера методы 5/68
- Уокер-процесс 4/738
- Уотсона-Кряка двойная спираль 3/586, 593
- Уплотнительные смазки 5/68, 67, 69; 3/1125–1127
- Упрочненнодисперсные материалы 2/817
- Упругие свойства материалов 2/54, 358; 3/166, 167, 1171; 4/484–486, 663, 664, 994, 996, 998; 5/69, 171. См. также *Акустические устройства, Юнга модуль*
- Уравнение(я), см. также *мнемные соотношения*
- аддитивности фазовых равновесий 2/1305
- адсорбции 1/54–61
- баланса энтропии 4/1066–1069
- барометрическое 1/925; 4/827
- движения термодинамические 4/1067
- выральной 1/727, 679, 926; 4/828; 5/69, 70
- волюмов 2/718
- изобары и изохоры реакций 2/902
- кинетические 2/759, 753, 757, 1255, 1256, 1259; 4/149, 150, 415, 958, 959
- конститутивные 4/1067, 1070

- локального состава растворов 4/369
подобия 2/543
распространения энергии 4/1044, 1045
регрессии 3/1106–1109
релаксационные 3/948
связи 5/173
состояния 5/69, 70–72; 1/762, 926, 1214; 2/299, 1072–1074; 3/383; 4/484–487, 490, 663, 762, 763, 823, 1029, 1072
электронейтральности электролита 2/320
Уравновешенные удобрения 2/869
Уразол 1/566
Урал, волокно 5/49
Уралборит 2/583
Уралкидные смолы 5/72, 73; 1/153, 154; 2/1215; 4/51, 52
Урамил 3/279
Уран 5/73, 923, 935, 938; 1/1109; 2/789; 3/849, 955–958; 4/1241
бориды 5/75
ванадат 5/74
галогениды 1/1193; 3/90, 91; 5/74–76, 83
гидриды 1/1081; 5/74, 75, 164
гидроксил 4/435
интерметаллиды 1/332, 384; 4/585
иодат 5/74
карбиды 5/78, 766; 2/624; 4/142
метеоритный 2/963
минералы 5/73
нитраты 3/504; 5/77, 827
нитриды 5/78, 79; 2/734; 3/509; 4/142
нормализованный 5/81
обогащенный 3/1152, 1154
оксиды 5/79, 73–78, 80, 83, 503, 766, 780; 2/734, 736; 3/89–91, 1056, 1069; 4/820
определение 1/380, 381, 670; 2/84, 87, 392, 442, 451, 710, 731, 1219; 3/403, 969, 1044; 4/935, 936, 1221; 5/77, 274, 436, 873
органические соединения 5/83, 74, 276; 1/167, 169, 203, 872, 1083; 3/84, 713
перхлорат 1/1193
получение 1/869, 951, 1020, 1104; 2/103, 214, 334, 389, 392, 393, 546, 580, 1235; 3/26, 42, 88–90, 635, 1155, 1193, 1229; 4/139, 560, 1113, 1257; 5/76, 77, 256, 298, 828, 833, 854, 1018
применение 5/77, 78, 160, 802
свойства 1/131, 132, 1002, 1015; 2/370, 384, 387, 394, 672; 3/97, 425, 606; 4/299, 316, 318, 322–325, 327, 331, 332, 336–338, 431, 433, 434, 723, 875; 5/74–76, 166, 366, 446, 455, 763, 1017–1019, 1030, 1031
силициды 5/75, 76, 684, 766
сплавы 5/80, 76–78, 81, 82, 766
топливные циклы 5/76, 133, 1030, 1031
тригид 5/4
фосфаты 5/74, 249, 251, 254, 281
фосфиды 5/76
фториды 5/82, 74, 77, 79, 81, 389, 393, 396, 503; 1/949, 950; 2/392, 1089; 3/90, 91, 190, 191, 368, 1056, 1069
халькогениды 5/74–76; 4/618, 1023
цианиды 5/703
Уранаты 5/83, 80
Уранил(м) 5/73, 74, 77, 80, 82, 454, 577, 744; 3/1056
Уранинит 5/73
Урановая кислота 5/83
Урановые минералы 5/73
Уранон 1/380; 2/451
Ураноцен 5/83
Уранил 1/1012; 3/585–588, 596, 619, 620, 812, 813, 1051, 1052; 4/522, 1260; 5/450, 1015
Урациловая кислота 3/813
Урацил-6-карбоновая кислота 3/812, 813
Урацилы 1/1026, 1032
Урат 3/619, 620
Ураты 1/188; 3/279, 613
Урбазон 4/219
Уреазы 5/83, 150, 151, 158; 1/471, 558, 1097; 3/280, 281
Уреаформ 1/103; 2/619; 3/171
2-Урендоглатарат 3/619, 620
3-Урендонобутират 3/619, 620
Уреидоенилциллины 2/1134, 1135
3-Уреидопронионат 3/619, 620
Уреидосукцинат 3/619, 620
Уреиды 5/84; 1/1068; 2/325, 412, 648; 3/619, 620, 621
Урепан 5/86
Уретаны 5/87, 88, 125, 702, 704, 705, 975, 1013; 1/73, 1179; 2/402, 405, 573, 620, 638, 1107, 1214; 3/280, 290, 502, 530, 746; 4/802, 803
каучуки 1/647, 847; 2/66, 705–708; 4/291, 441–444
латексы 2/1150
эластомеры 5/84, 85–87; 1/989; 2/184, 185; 4/85, 1088, 1089, 1200. См. также *Пектолиуретаны*
Уретилан 5/87
Уреха реакция 3/708
Урзолы 3/694
Уридиловая кислота 2/1323, 1325; 5/411
Уридин 2/1191; 3/173, 174, 597, 598; 4/519, 811, 1231, 1232, 1238
Уридин-N-ацетил-D-галактозамин 3/615, 616
Уридиндифосфат-альдозы 3/615, 616
Уридиндифосфат-N-ацетил-D-глюкозамин 3/596, 928
Уридиндифосфат-N-ацетил-D-мурамовая кислота 3/928
Уридиндифосфат-D-галактоза 2/364, 1191; 3/270
Уридиндифосфат-D-гексоза 1/1131
Уридиндифосфатглюкозы 1/1126, 1132; 2/364, 1145, 1195; 4/582
Уридиндифосфат-D-глюкуроновая кислота 3/270
Уридиндифосфатсахара 1/980, 1140; 5/693
Уридиновая кислота 4/1241
Уридинтрифосфат 3/813
Уридин-5'-фосфат 3/615, 616, 813
Уридинфосфат-L-арабиноза 3/615, 616
Уридинфосфат-N-ацетил-D-галактозамин 3/615, 616
Уридинфосфат-D-галактоза 3/615, 616
Уридинфосфат-D-галактуронат 3/615, 616
Уридинфосфатглюкозы 3/270, 615, 616, 1051
Уридинфосфат-D-глюкуронат 3/615, 616
Уридинфосфат-D-ксилоза 3/615, 616
Уризол 1/990
Уриказа 5/151
Урилон 4/25
Уробилин(м) 2/279, 975
Уровнемеры 5/88, 89–92
Уровни энергетические, см. *Энергетические уровни*
Уроканат 3/613, 619, 620
Урокановая кислота 3/613
Урокиназа 3/1098
Уроновые кислоты 5/92, 37, 93; 1/1022, 1131; 2/223, 1197; 3/267, 286, 621, 896; 4/34
Уропорфирин 4/145, 146
Уросульфам 4/901, 902
Уротраст 4/477, 478
Уротропин 1/194, 197, 277, 337, 338, 680, 990, 1000; 2/1, 19, 518, 709, 710, 798; 3/511, 530, 703, 729, 847, 911, 1088; 4/397, 570, 640; 5/135, 773. См. также *Гексаметиленетрамин*
Урохлестостокнин 5/590
Урри-Караша реакция 5/93, 94
Урсан 4/579, 580
Урсодезоксихолевая кислота 2/278
Урьева критерий 4/137
Усановича теория 2/778
Усиление фотоизображения 5/454
Ускорители
вулканизации, см. *Вулканизация*
высыхания лакокрасочных материалов 3/303, 304
заряженных частиц 2/430, 502, 503; 3/403; 4/294, 295, 332, 706
отверждения 3/357, 838; 4/673
пластикации полимеров 2/704; 3/1115
полимеризации 4/1142, 1143
проявления фотоизображения 4/254
созревания 5/983
Устойчивость
катализаторов 2/668
координационных соединений 2/930, 931
систем дисперсных 2/154–156, 816, 817, 860
– реакционных 1/1200
– термодинамическая 4/1071
«Усы», см. *Нитевидные кристаллы*
Утилизация
отходов, см. *Отходы производства и потребления*
продуктов переработки химического оружия 5/502
растворителей 4/360
солнечной энергии, см. *Солнечные устройства, Фотокатализ, Фотосинтез*
УФС, спектроскопия 5/64–66
Удзворта – Эммонса реакция 5/606, 607
Узлаанда комплексы 1/373; 2/314; 5/905, 906
- Ф**
- Фабаниит 2/583
Фаблон 3/1139
Фабри болезнь 1/1140
Фаворского реакции 5/95, 96, 97, 999; 1/143, 430, 714, 941; 2/621, 647, 746; 4/1255
Фавцеттдин 1/146
ФАД, кофермент 2/968
Фазибол 5/413
Фазовое равновесие 5/99, 69, 70, 100–102, 498, 499; 1/1014, 1015; 2/56–64, 899, 1074–1077, 1168; 3/218, 219; 4/806, 1073
Фазовые переходы 5/97, 103, 104; 1/679; 2/207; 3/248, 311; 4/658
в звуковых полях 2/763
в микроэмульсиях 3/162, 163, 283
в твердых растворах 4/1004
возника 4/889
«врастательные» 3/394
десублимация 2/890, 892, 1045; 3/255, 420, 818; 4/263, 264, 889–893; 5/102, 605
зародышеобразование, см. *Зарождение новой фазы*
и давление 1/1215
и дериватография 2/35, 36
и диэлектрические потери 2/207, 208
и критические явления 2/1072–1077
и отверждение 3/839, 840; 4/890
и релаксация 4/463
и самоорганизация 4/574
и смачивание 4/730
и эффект Мессбауэра 3/65
испарение 2/540
кипение 2/760
конденсация 2/890
кристаллизация 2/1046
механические воздействия, см. *Механохимия*
плавление 3/1091
полиморфные, см. *Полиморфизм*
решеточные модели 4/829
слабые 2/1072
сублимация 4/889
теплоты 4/1030, 1057, 1058, 1085, 1086; 5/102. См. также *Энтальпия*
точки(а) Кюри, см. *Кюри точка*
– реперные 4/1077
уравнение Клапейрона–Клаузиуса 2/788
Фазовый анализ 5/104, 105, 497
1/292, 296, 810; 2/190, 292, 296, 709, 712, 855
локальный 2/1212, 1213
масс-спектрометрия 2/1318
мессбауэровская спектроскопия 3/66
метеоритов 2/961, 962
органических веществ 3/794, 797
рентгеновский 4/475, 476; 2/190, 712; 5/104
электронографический, см. *Электронография*
электрохимический, см. *Анодное растворение*
Фазы 2/55, 57, 64; 5/97
анализ, см. *Фазовый анализ*
виртуальные 5/105
внедрения 2/485; 3/75, 76; 4/107
граница раздела и поверхностная энергия 5/465
– – разность потенциалов, см. *Межфазные скачки потенциала*
двухмерные, см. *Гетерогенные реакции*
диаграммы 1/817, 818; 2/56, 249, 255; 5/97–102. См. также *Диаграммы состояния*
дисперсные 2/286–288, 840
жидкокристаллические 2/286–288
избыточные, см. *Межкристаллитная коррозия*
критические 2/1072–1077
Лавеса 2/479, 480, 482, 484, 486; 4/563
Магнелли 1/679; 4/1178
Макарова 2/478; 4/563. См. также *Интерметаллиды*
мезоморфные 2/286–289
металлические 2/479–486
– в метеоритах 2/962
метастабильные, см. *Метастабильное состояние*
нативные 5/105
нематические 2/288
нестехиометрические 3/433, 434
Новотного 4/685
новые, см. *Зарождение новой фазы*
обращение 2/297; 4/987; 5/949
переходы веществ, см. *Фазовые переходы*
поверхности атомных орбиталей 3/779, 780
σ-подобные 2/478; 4/563
поля 2/57, 58
полупроводниковые 4/106, 107
портреты реакторов 4/403
правило 5/97, 98, 99, 174, 465; 2/56, 819, 1074; 3/162; 4/806
пространства системы 4/823, 824
равновесие, см. *Фазовое равновесие*

- сметические 2/288
сопротивления 2/1305, 1306; 4/459
холестерические 2/288
Цинтия 3/76
Шеврёля 2/797; 3/76, 243, 254;
4/585, 617, 909, 911
электроосаждение 5/895, 896
эмпирическая температура 4/1028
энантиотропии 4/24
Юм-Розери 2/479, 482–484; 3/75
Файнштейн 3/485
Файста-Бенари реакция 1/981
Ф-актин 1/130
Фактисы 2/286; 3/1116
Фактические смолы 3/447
Фактическое октановое число 3/725
Факторы (ы)
аборационный 1/12
активации тромбоцитов 5/245, 269
атомные рассеяния излучений
2/188, 189
– температурный 2/189
быстродействующий смертельный
5/1055
диффузионного потенциала 2/1306
емкости, см. *Параметры состояния*
инициации и термации 4/521
кинетический активности реагентов
2/689
компетентности 4/1242, 1243
комплемента 2/876
Ланде 2/329, 1238, 1244; 5/888
Линдена 3/1063
микротрения 2/193
множественной резистентности
3/1097
мультиплекс 5/435
мутационный 2/503
нагрузки по газу 4/987
наследственность 3/210, 1096, 1097
незаменимые питания, см. *Витамины*
обрыва и разветвления цепей 5/685,
687, 688
опасные пожара 3/1186, 1188
опытов, см. *Планирование экспериментов*
очистки 3/898
профиля температуры 3/1063
равновесия 5/97
разделения 1/1106
расходности структуры 4/883, 884
рилизинг 1/1163; 3/400; 4/757–759
роста 2/319, 478, 1192, 1193; 3/813,
1097; 4/270, 517; 5/715
свертывания крови 1/1174; 2/111;
3/1098
селективности анализа 2/347
– электрофила 5/907
свободного электрона 2/329
сжимаемости 4/664, 763; 5/71
стерические 1/547; 2/130, 131, 155,
156, 193, 754, 910, 913, 931, 940,
941; 4/871; 5/368
тканевый 4/249, 250
уменьшения дозы радиации 4/326,
327
усиления растворимости 5/834
фертильности 3/1097
электроной концентрации 2/483–
485
элонгации 1/472; 5/412
г 2/329; 3/544; 4/788; 5/888
σ 4/427
Факторный эксперимент 3/1107
Фаликан 3/68
Фалиминт 4/230, 231
Фалладин 5/1050
Фаллизин 5/1050
Фаллин 5/1050
Фаллондин 3/711, 934; 4/652; 5/1049,
1050
Фаллонин 5/1049, 1050
Фаллотоксина 5/1049, 1050
Фаналевые лаки 2/1128; 3/113
Фанера 2/225, 226, 802; 3/282, 905;
5/138
Фанерон 1/1027
Фаннинга коэффициент 2/1303
Фантольд 3/292, 293
Фаны, см. *Циклофаны*
Фаолит 1/387
Фарадея
законы 5/106, 107, 854, 895, 921,
922; 1/314; 2/1097; 3/413
импеданс 5/919
метод выпрямления 5/105, 106, 919
постоянная 5/107, 106, 921; 4/1030
ток 5/910
эффект 5/107, 108, 546; 2/292;
3/210, 722
«Фараоновы змеи» 4/549
Фарболит 5/144
Фарвитрон 2/1313
Фаренгейта шкала 4/1076, 1077
Фарингосепт 4/1148
Фармакодинамика 5/111
Фармакокинетика 5/108, 109–111
Фармацевтическая химия 5/111, 112
Фарнахизон 1/749
Фарнезан 4/659
Фарнезен 3/432; 4/659, 660
Фарнезиллацетат 3/432; 5/112
Фарнезилпрофосфаты 3/154; 4/659,
660, 713, 1092
Фаризол 5/112, 574, 1014; 1/182;
4/659, 661, 1090
Фарнезоны 4/661
Фарфор 5/112, 113, 751, 835; 1/191,
1125; 2/48, 733, 735, 776; 3/412, 699,
1193
Фасижин 4/239
Фасциолан 4/225
Фаянс 5/113, 114; 1/1125; 2/733, 735;
3/325, 699
Фаянса метод 1/362
Фаянса-Панета правило 2/1254; 4/762
Феба 1/1063
Фебригун 3/1031
Фебрифугин 5/520
Федорова группы 2/1068
Фейерверки 3/1076. См. также *Сигнальные составы*
Фейнмана диаграммы 1/1200
Фелжета вынгиты 5/435
Феликур 2/277
Фелинга реактив 5/114, 122; 1/199,
726, 1069, 1073; 2/743; 3/691;
4/581, 621, 769
Фелландеры 5/114, 115; 2/283;
3/1032
Фельгена реакция 5/769
Фельшпатиды 1/1018
Фенадон 1/238, 296, 297
Феназидрин 5/115
Феназепам 5/115; 4/1225
Феназин 5/115, 116; 1/76, 532; 2/975;
3/389, 705, 706, 1237; 4/419
Феназинные соли 5/115
Феназинные радикалы 4/302
Феназин-1-карбоновая кислота 2/975
Феназин-2-сульфокислота 5/115
Феназон 1/335, 1032
Фенак 1/1028
Фенакит 1/535; 2/222; 5/654
Фенакон 1/497
Фенален 3/1039
Фенамин 5/116, 127; 1/51, 52, 497;
3/399; 4/267–269
Фенамфос 3/405
Фенантрахиноны 5/532, 533
Фенантрон (ы) 5/116, 117, 127; 1/336,
356, 373, 375, 710, 983; 2/89, 315,
366, 398, 399, 591, 594, 595, 1039,
1040; 3/463, 464, 950, 1058; 4/278,
279, 419, 719, 867. См. также *Смольные кислоты*
Фенантrenoиндолизиндиновые алкало-
иды 5/117, 118
Фенатрен-9,10-хион 2/1276; 5/117
Фенантридин 4/341
1,10(о)-Фенантролин 5/118; 1/260,
739; 2/110, 248, 264, 450, 550, 635,
1327, 1328; 3/1058; 4/394, 699, 719,
1075
Фенантропы 5/140, 141
Фенаримол 5/418
Фенасал 4/225
Фенацетин 2/297; 2/606; 3/562; 5/111,
119
Фенацилбензилдиметиламмонийгидро-
хлорид 1/279
Фенацилгалогениды 1/990; 5/560, 561
Фенациловые эфиры 2/648
Фенбендазол 4/225
Фенбутатион-оксид 1/108
Фенвалерат 3/1041
Фенетидины 5/118, 119, 238; 3/561
Фенетилизохинолины 3/275; 5/119,
970
алкалоиды 5/119, 120
Фенетиловый спирт 4/801, 802
Фенетилпропионат 4/207, 208
Фенетол 5/120, 121, 1008
Фенибут 4/1226
Фенигидин 4/773
Фениндон 1/833, 1116; 4/253; 5/324,
452
Феникаберан 4/774, 775
Феникохронит 5/608
Фенил 2/282; 3/569, 574; 4/300
Фенилазоацетоксусный эфир 4/1248
л-Фенилазобензолсульфокислота 1/88
Фенилазогруппа 3/569
Фенилазоуравняющая кислота, 2-фе-
нилгидразид 2/183
2-(7-Фенилазо-2-нафтилазо)антрацен
1/88
Фенилазоуравняющая кислота, 2-фе-
нилгидразид 2/174
Фенилазотиоформамид 5/422
Фенилакридины 1/113, 114. См. также
Акридиновые красители
Фенилакриловые кислоты 1/1083;
2/935, 936
Фенил-5-акрилоилсалицилат 4/59
β-Фенилакролеин 2/936, 937
Фенилаланил-тРНК-синтаза 1/240
Фенилаланины 5/121, 34, 121, 127, 518,
969, 1002, 1036; 1/48, 144, 224, 249,
396, 475, 477, 482, 1013; 2/696, 862;
3/175, 619, 620, 652, 923; 4/190, 217,
1075, 1170, 1260, 1261
L-Фенилаланинамид 1/394
Фенилаланин-4-монооксигеназа 5/121
Фенилалкиламины 4/267, 268, 773
2-Фенилаллиловый спирт 1/176;
4/801, 802
Фениламин (ы) 1/349; 2/186, 282;
3/119
4-Фениламинобензотрион 1/489
Фениламиногруппа 3/569
N-Фенил-4-аминодифениламин 1/248
1,3-бис-(Фениламино)нафталин-8-суль-
фокислота 1/75
N-Фенил-4-аминофенол 3/278; 4/175
Фениламиноэтиол-N-метилтрансфе-
раза 2/696
Фениламиноэтилметакрилат 1/235
Фенилантрациловая кислота 1/670;
2/205, 450
Фениларсоновая кислота 5/260
Фенилсальдегид 5/121, 122, 130;
2/237, 936; 3/617–620, 1021
Фенилсальдегид (ы) 1/305, 425, 708;
2/345
Фенилсальдегид 1/517; 3/617, 618
Фенилсальдегид 5/122; 1/617, 708;
2/14, 887, 1108; 3/251
2-Фенил-3-(4-ацетоксифенил)пропио-
новая кислота, тропиновый эфир
5/18, 19
Фенилсационитрил 1/497; 2/345;
3/512
1-Фенилбензимидазол 1/247, 248
Фенилбензоат 2/811; 5/712
Фенилбензол 1/566
2-Фенилбензотриазол 1/488, 489
1-Фенил-1,2,3-бензотриазол 1/247,
618
Фенилбензохиноны 1/533
2-Фенил-5-(4-бензилфенил)-1,3,4-окса-
диазол 3/675
Фенилборная кислота 1/417, 600
Фенилбромсационитрил 1/615
1-Фенил-2-бромэтилен 1/617
1-Фенилбутандиен 4/418
Фенилбутозан 1/637, 638
1-Фенил-1,3-бутандион 1/505
3-Фенил-1-бутен 2/247
Фенилбутилнафталин 1/520
Фенил-трет-бутилнитрон 4/791
Фенилгалогениды 2/185, 300, 496, 497,
1023, 1204; 3/721; 4/926, 946; 5/562
1-Фенил-1,3-гексадиен 2/1298
1-Фенил-1,3-гександиолмоноацетат
2/1298
Фенилгидразиды 2/752; 2/1142
Фенилгидразин 5/122, 123, 147, 219,
223; 1/335, 419, 440, 655, 1072,
1074–1076, 1146; 2/174, 183, 346,
743, 1142; 3/268, 542, 686, 687,
1115; 4/342
Фенилгидразины 1/440; 2/113, 600,
1081; 3/1074; 5/122, 196, 197
1-Фенилгидронзохинолин 2/398
Фенилгидроксисламин 1/507, 1095;
2/1104; 3/471, 527; 5/119
β-Фенил-β-гидроксипропионовая кис-
лота 2/773
2-Фенил-3-(4-гидроксифенил)пропио-
новая кислота 5/19
Фенилгликоаль 1/508; 2/742, 743;
4/894
Фенилглицидиловые эфиры 5/962
N-Фенилглицин 2/441
Фенилдизенкарбоновая кислота, фе-
ниловый эфир 2/183
Фенилдизазионы соли 1/517, 533, 1075;
2/497; 3/1045; 5/125
N-Фенилдиаминобензолы 1/247
Фенилдибромборан 1/600
Фенилдигалогенфосфины 1/963, 965
N-Фенилдигидропиридазин 2/743
Фенилдиметиламин 2/651; 3/119
4-Фенил-1,3-диоксан 5/126
Фенилдитиолия соли 2/178–180
Фенилдихлорамин 3/815
Фенилдихлорсилан 5/128
Фенилдихлорфосфит 1/966
Фенилен-бис-акриловые кислоты
3/966
Фенилендиаминсульфокислоты 1/353;
3/522
Фенилендиаминны 5/123, 116, 118, 124,
456, 521, 523, 532, 964; 1/228, 303,
333, 336, 419, 425, 498, 507, 526, 529,
532; 2/183, 85, 86, 132, 133, 302, 331,
346, 397, 455, 636, 998, 999, 1095,
1096; 3/289, 376, 377, 389, 523, 565,
661, 694, 705, 797, 953, 1015, 1016,
1213, 1245, 1255; 4/54, 58, 60, 71,
76, 243, 253, 615, 1116, 1248
л-Фенилендиизоцианаты 1/479; 2/401
и-Фенилен-бис-маленимид 3/907
л-Фенилен-бис-2-пирон 4/62
5-Фенилизоксазол 1/840
5-Фенилизоксазолон-3'-сульфонат
1/840
3-Фенилизопропилгидразин 3/28
3-Фенилизопропилсидонин 3/28
N-Фенил-N'-изопропилфенилендиамин
2/103

- Фенилэозианат(ы) 5/124, 125, 800; 1/478, 488; 2/81, 186, 187, 401; 3/761; 4/538, 669, 803
- Фенилэозианид 2/372
- 1-Фенилмимдазолнид 5/800
- Фенилин 5/125, 126; 1/330; 2/439
- 2-Фенил-1,3-инданон 1/330; 2/439; 5/125, 126
- N-Фенилкарбамонная группа 2/326
- N-Фенилкарбамон-3-(1-метил-2-фенилэтил)сиднонимин 4/669
- Фенилкарбиол 1/495
- α-Фенилкоричная кислота 1/392
- Фениллактат 3/617, 618
- Фениллитий 1/112, 186, 279, 526, 615, 947; 2/417, 622, 858, 1204, 1214; 3/581, 914, 1019, 1078; 4/867, 919, 938; 5/131, 785
- Фенилматинилгалогениды 1/176, 616; 2/1224; 3/110, 914; 4/917, 980, 1095, 1159; 5/6, 7, 562, 991
- N-Фенилмаленимид 1/720; 2/359
- Фенилмасляная кислота 1/652
- Фенил-5-метакрилонилсалицилат 4/590
- N-Фенилметансульфамид 4/897
- Фенилметансульфокислота 2/345
- Фенилмеркаптан 4/1158, 1159
- 1-Фенил-5-меркаптотетразол 4/254
- Фенилмеркуретат 4/247
- Фенилмеркурборт 1/453
- Фенилмеркуриодид 1/958
- Фенилмеркурхлорид 3/315; 4/552, 554
- Фенилметиламин 3/105
- 1-Фенил-2-метилбензимидазол 1/247
- 1-Фенил-3-метил-4-бензил-5-пиразолон 2/1083; 3/1036
- 1-Фенил-3-метил-5-метоксилириазол 3/1036
- 1-Фенил-3-метил-5-пиразолон 1/1074; 2/302; 3/1035, 1036
- Фенилметилсульфид 4/1213
- 4-Фенилморфоллин 2/202
- Фенилмочевина 3/280; 5/125, 769
- Фенилнатрий 1/498
- 2-Фенилнафталин 2/591
- N-Фенилнафталины 5/126, 992; 1/334, 336, 629, 633, 635; 2/376; 3/383, 388; 4/172, 815, 817
- Фенилнитрамин 3/502
- Фенилнитротетран 4/868
- Фенильные эфиры, см. *Силол*, индивидуальные представители и соответствующие кислоты
- Фенилэозоны 3/268; 5/375
- 5-Фенил-1,2,4-оксадиазол 3/673
- 2-Фенил-2-оксазолон 3/681, 682
- 4-Фенил-3-оксолириазолин 4/253
- 2-Фенил-2-оксоэтаналь 2/742
- Фенилон 1/623, 805; 2/397; 4/58, 1056, 1082-1084
- Фенилпиридины 3/1045
- Фенилпировиноградная кислота 5/121, 127
- Фенилпириват 3/617-620
- Фенилпириваттаутомераза 2/968
- Фенилпропан 2/1174
- 2-Фенилпропаналь 1/1077, 1078
- Фенилпропанола 2/277, 773; 5/126, 127
- 1-Фенил-1-пропанон 4/208, 209
- 3-Фенилпропеналь 2/936, 937
- 3-Фенилпропеновая кислота 2/935, 936
- 3-Фенил-2-пропен-1-ол 2/936, 937; 4/801, 802
- Фенилпропены 1/176, 951, 952, 955
- γ-Фенилпропиловый спирт 5/126. См. также *Фенилпропаноли*
- Фенилпропионовая кислота 2/936
- Фенилпропионат 4/207, 208
- Фенилпропионовая кислота 2/635; 5/122, 130
- Фенилсалицилат 1/338; 5/1001
- N-Фенилселеноусукинмид 4/620
- Фенилселенохлорид 2/1140
- 1-Фенилсемикарбазид 2/183
- Фенилсерин 3/923, 924
- Фенилсефароза 1/418
- Фенилсиланы 2/1012; 3/350
- Фенилсилатран 4/672
- Фенилсульфенилгалогениды 4/1158
- Фенилсульфон 2/186
- бис-(Фенилсульфонил)амин 4/897
- Фенилсульфонилбензойная кислота 2/186
- 3-(Фенилсульфонил)бензолсульфокислота 2/186
- N-Фенилсульфонилгидроксиламины 3/508
- 1-Фенилсульфонилпиррол 3/1078
- Фенилсульфоновая кислота 5/136
- 4-Фенилтетрагидроксинолид 2/398
- Фенил-1H-тетразолы 4/1099
- Фенилтиогидантоны 1/478
- 5-Фенилтио-5,6-дигидроксиантоксин 2/1087
- Фенилтиомочевина 2/336; 4/640
- Фенилтиосемикарбазид 4/1147; 5/422
- Фенилтиоэфиры 2/1143
- Фенилтриазолы 4/1251, 1252
- Фенилтригалогенсиланы 2/1022; 3/799; 4/71; 5/128, 129
- Фенилтриметиламмонийпербромид 5/305
- Фенилтриэтоксисилан 1/171; 2/1024
- Фенилтусуная кислота 5/127, 117, 121, 122, 130, 131, 784, 980; 1/297, 373, 415, 416, 497, 710; 2/29, 86; 3/498; 4/32, 868
- Фенилтуртаны 3/432; 5/68, 125, 126, 130, 147, 654, 996
- N-Фенилфеназоний 1/75
- 4-Фенилфенилсульфонил эфир 4/207
- N-Фенилфенилдиамин 1/247
- Фенилфенолы 5/127; 1/156, 337, 452; 2/90, 151; 3/1088
- Фенилфлуорон 5/127, 128; 1/1039
- Фенилформамид 1/305
- Фенилфосфаты 5/254
- Фенилфосфинсульфид 5/261
- Фенилфосфоновая кислота 5/274, 275
- 3,4-Фенилфуросаны 5/431
- Фенилхлориды 1/336; 2/437, 438; 5/531, 532
- 2-Фенил-3-хлорбензоселенофен 2/182
- 4-Фенил-7-хлорметилхинолин-3-оксид 4/1225
- Фенилхлорсиланы 5/128, 129; 2/1023, 1032; 3/801
- 4-Фенил-7-хлор-2-хлорметилхинолин-3-оксид 4/1224
- 2-Фенилхроман 5/201
- 2-Фенилхромон 1/347
- 2-Фенил-4-хромонен 5/200
- α-Фенилхромон 5/200
- Фенилцеллозоль 5/659
- Фенилцианамид 2/183
- Фенилцианид 1/517
- Фенилциклогексан 3/407, 408
- 3-Фенилциклогексанон 4/1095
- Фенилциклогексилгликолевая кислота 4/237; 5/591
- 1-Фенил-1-циклогексил-3-пиридино-1-пропанол 4/238
- 1-Фенил-1,3,5-циклогептатриен 5/725
- Фенилэтанолы 1/49, 50
- Фенилэтанолы 2/773; 3/617, 618; 4/801, 802; 5/130, 991. См. также *Фенилэтиловые спирты*
- Фенилэтиламины 5/129, 121, 130, 731; 1/51, 52, 390; 3/254, 619, 620, 879, 1021, 1022; 4/267, 391, 392, 606
- Фенилэтилэцетат 5/130, 131
- 5-Фенил-5-этилгексагидро-4,6-пиримидинон 4/240
- Фенилэтилен 4/868-870
- Фенилэтиловые спирты. См. также *Фенилэтанолы*
- α-изомер 1/441; 4/868, 869; 5/980
- β-изомер 5/130, 122, 131, 369, 991, 1004; 1/1025, 1063; 2/237; 4/804
- эфиры 5/130
- 5-Фенил-5-этил-2,4,6-пиримидинтрион 2/605
- 9,10-бис-(Фенилэтил)антрацен 5/444
- бис-(Фенилэтил)лантанонды 2/1148
- Фенисан 2/347
- Фенилтрион 2/470
- Фенкарол 5/131, 537; 1/324, 325; 2/371
- Фенимедиам 1/1030
- Фениобарбитал 1/328, 330, 331; 2/605; 4/742
- Феноболлин 1/290, 291; 4/207
- Феноболы 4/816
- Феноксазины 5/131, 132; 1/267; 3/676; 4/1116
- красители 3/536, 542
- 3(3F)-Феноксазины 5/131
- Феноксатины 4/728
- Феноксизбензамин 1/48, 49
- Феноксизбензол 2/185
- Феноксигруппа 3/569
- Феноксикарб 5/1014
- Феноксильные радикалы 1/977, 978; 2/872, 873; 4/311, 314
- Феноксиметилпиперидин 2/1134
- 2-Феноксиз-4-метилхроман 2/1081
- 4-Феноксипиридин 1/261
- α-Феноксипропионовые кислоты 1/1028
- Феноксисукусная кислота 3/1089, 1090; 4/495; 5/133, 584, 586, 587
- бис-(2-Феноксифениловый) эфир 4/698
- Феноксизтанол 1/338, 452; 3/834
- Фенол 5/132; 1/783. См. также *Фенолы*
- определение 1/615, 671; 5/133, 142
- получение 1/735, 949; 2/15, 186, 497, 534, 591, 593, 845, 846, 1041, 1101, 1102; 3/46, 123, 364, 738, 1055, 1253; 4/312, 392, 393, 768, 935, 1202; 5/121, 127, 133, 140, 562
- применение 1/338, 452, 723; 2/18, 385, 433, 593, 802, 803; 3/126; 4/359, 1116; 5/133, 143
- свойства 1/271, 273, 304, 306, 363, 373, 427, 436, 494, 517, 569, 727, 779, 990, 994, 1115, 1116; 2/73, 81, 88, 90, 91, 95, 96, 185, 347, 406, 455, 615, 616, 716, 743, 777, 819, 864, 976, 1004, 1088, 1101; 3/40, 60, 111, 257, 271, 372, 542, 563, 565, 568, 663, 682, 691, 1058; 4/339, 446, 568, 570, 611, 612, 750, 900, 917, 931, 1090, 1267, 1268; 5/6, 7, 132-137, 139-141, 378, 530, 587, 647, 648, 723, 724
- Фенолазы 3/271; 4/531
- Фенолкарбоновые кислоты 4/979
- Фенолкетоны 5/372
- Феноло-альдегидные смолы 5/133, 134, 142; 1/858; 2/808, 1005; 3/743, 911
- новолачные, см. *Новолачные смолы*
- резольные, см. *Резольные смолы*
- резорциновые, см. *Резорцино-альдегидные смолы*
- формальдегидные, см. *Феноло-формальдегидные смолы*
- Феноловый красный 1/368; 2/447, 448, 1216; 4/936
- Фенолоспирты 2/95, 226; 3/893
- Фенолосада 5/202, 916
- Фенолоспирты 2/1173; 3/201; 5/136
- Феноло-формальдегидные материалы
- волокнистые 1/386, 387, 871; 5/47
- герметики 1/1046
- клеи 2/803, 804; 4/771; 5/137
- композицы 2/878, 880
- лаки 5/134, 135, 136
- масло 2/593
- мастики 2/1319
- металлопокрытия 3/86
- пластики, см. *Фенопласты*
- препреги 4/163
- смолы, см. *Феноло-альдегидные смолы*, *Феноло-формальдегидные смолы*
- Феноло-формальдегидные смолы
- 5/135, 132, 134, 136-138, 142-144, 222, 340, 341, 371, 572, 587, 987; 1/198, 630, 807, 871; 2/29, 95, 227-230, 236, 808, 1298; 3/280, 327, 802-804, 839, 911, 912, 1121, 1139, 1224, 1259; 4/444-446, 613, 661, 739, 1007, 1013. См. также *Феноло-альдегидные смолы*
- абляющие 1/2
- алкидные, см. *Алкил(арил)феноло-формальдегидные смолы*
- анилиновые 1/308
- как горючее 4/227
- как олигомеры 3/742, 743
- карбонавые 2/648, 649
- краснение 2/1002
- металлонаполненные 3/87
- применение, см. *Феноло-формальдегидные материалы*
- терпеноловые 4/1090
- углеводородные 1/418
- фурановые 5/430
- Фенолсульфокислоты 5/138, 131, 132, 139, 142, 222; 1/94; 3/1057; 4/917, 1267
- Фенолсульфоталени 4/935, 936
- Фенолфталеин 5/139, 132, 133, 135, 140, 143, 378, 380, 961, 1002; 1/368; 2/112, 446-448; 3/1212, 1213; 4/720
- Фенолы 5/140, 1042; 3/1055. См. также индивидуальные представители
- алкилированные, см. *Алкилфенолы*
- двухатомные 1/943; 2/226; 3/1201, 1211; 4/1102; 5/238, 533, 534, 942. См. также *Гидрохинон*, *Пирокатехин*, *Резорцин*
- многоатомные 2/21; 5/114, 140, 149, 450
- нитроовые, см. *Нитрофенолы*
- номенклатура 3/573
- определение 2/449, 1100, 1174; 3/268, 523, 709, 796; 5/125, 152, 217, 379, 693, 1057
- получение 2/17, 226, 227, 380, 591-594, 964; 3/450, 684, 833, 978, 1209; 4/920, 924; 5/8, 142, 833
- применение 1/335; 2/294, 406, 432; 3/257, 278, 816, 838; 4/172; 5/143
- пространственно-затрудненные 1/163; 2/91; 4/311, 589, 815
- свойства 1/163, 198, 201, 368, 369, 371, 442, 463, 504, 519, 522, 545, 681, 711, 717, 960-962, 971, 982, 983, 1096, 1128; 2/1, 71, 73, 95, 119, 246, 402, 420, 460, 634, 635, 639, 731, 732, 787, 1279, 1329; 3/387, 458, 513, 518, 534, 542, 562, 703-705, 708, 716, 740, 744, 816, 831, 1028, 1053, 1058, 1124; 4/59, 94, 301, 302, 340, 341, 500, 695, 800, 814-817, 906, 907, 936, 1146, 1159, 1163, 1192, 1205, 1255; 5/10, 21, 59, 66, 88, 132, 133, 135-138, 140-142, 202, 224, 239, 255, 369, 372, 416, 430, 531, 557, 567, 580, 587, 709, 744, 1008, 1009, 1011, 1012. См. также *Фенолаты*
- трехатомные, см. *Гидрокси-диокси- и триокси-фенолы*
- хлорированные, см. *Хлорфенолы*
- Фенольные материалы, см. *Феноло-формальдегидные материалы*

- Феноляты 1/710, 711; 2/533, 632, 647, 648, 863, 864; 3/387, 1201; 4/448; 5/132, 141, 142, 1008
- Фенопласты 5/143, 138, 144; 1/2, 502, 757; 2/1002; 3/1121, 1122; 4/165, 332, 445
- Феносафранин 2/462
- Фенотерол 4/1194
- Фенотиазин(ы) 5/144, 111, 145, 146, 570, 977; 1/114, 336; 2/474, 618; 3/398; 4/225, 649, 728
- Фенотиокارب 4/1132
- Фенотрин 3/1041
- Фенофибрат 1/1118
- Фенохинон 1/532
- Фенпропатрин 3/1042
- Фенсульфотион 3/405
- Фентанил 1/296, 297; 4/813
- Фентон 2/343, 470
- Фентоламин 5/146; 1/48, 49, 229; 2/413
- Фентона реактив 1/374, 780; 2/465; 4/312
- Фентрифанил 1/108
- Фенурон 1/1030, 1031; 5/125
- Фенурам 5/419
- Фенхелевое масло 1/301; 2/598; 3/847; 5/115, 147, 1003, 1004
- Фенхены 5/146, 147; 2/601
- Фенхоловый спирт 2/599; 5/147
- Фенхилхлорид 3/1027
- Фенхлорфос 2/470
- Фенхол 5/147; 4/1090, 1091
- Фенхон 5/147, 1004
- Фенциклдин 3/845, 846
- Феомеланины 3/36
- Феофорбиды 5/575
- Феофитины 5/345, 575
- Ферберит 1/811
- Фергосонит 2/544, 546, 1229
- Ферментативные методы анализа 5/147, 148–152, 916; 2/426
- Ферментативные реакции 1/554, 555; 2/544; 3/155; 5/147–155. См. также Биосинтез, Коферменты, Ферменты
- алкилирование 3/294, 295, 598; 4/860
- альдольная конденсация 2/1169
- аминирование 2/1169
- анаплеротические 3/1083
- аппаратура 2/233; 5/149, 150
- ашлирование 2/1169, 1190, 1191; 3/598
- быстрые 4/881
- гидратация 2/1169
- гидрирование 3/598
- гидроксилирование 2/958, 960, 1152; 3/598, 711
- гидролиз 1/1097, 1098, 1100, 1128, 1129; 2/20, 31, 304, 474–476, 599, 634, 660, 695, 696, 988, 1134, 1155, 1184, 1190; 3/599
- гликолиз 2/1140
- дезаминирование 2/16, 17, 1169; 3/295, 595, 598, 622; 4/642, 1119, 1170, 1171
- декарбоксилирование 2/29, 81, 969, 1152, 1168, 1169; 4/523, 1119
- деметилирование 3/293
- дефосфорилирование 3/599
- замещение 2/969
- и вытока жиров 2/308, 309
- и люминесценция 1/42; 2/1219; 5/445
- ингибиторы 2/433, 434, 635
- индикаторные 2/757
- нодирование 4/1171
- карбоксилирование 2/633
- кинетика 5/153, 154–157; 1/558; 2/690
- колебательные 2/848–850
- компенсационный эффект 2/868
- контролируемые 3/929, 934
- конформеры 2/914
- микробиологические 3/155–157. См. также Микроорганизмы
- обратимые 2/407, 433, 434, 1003
- окислительные, см. Окислительно-восстановительные реакции, Окислительные процессы
- переаминирование 3/936, 937
- порядок 4/150
- присоединение 2/1168
- протеолиз 2/874–876
- расщепление периодатное 3/599
- углевод, см. Брожение
- рацемизация 2/363, 364, 969
- с участием кластеров 2/797
- селективность 5/148, 149, 151, 153
- скорость, см. Ферментативный катализ; Ферментативные реакции, кинетика
- сопряженные 2/967, 1170
- створаживающие 2/559
- транс превращения 4/642, 1075, 1234, 1235
- фумаратредуктазная 4/894
- циклические, см. Обмен веществ, Циклы
- элиминирование 2/969, 970, 1168, 1169
- Ферментативный катализ 5/152, 153, 179; 1/553, 558; 2/363–365, 423, 661, 690, 757, 877; 3/77, 186, 666, 667; 4/574, 1119
- Ферментосодержащие материалы. См. также Ферменты
- волокна 5/157, 158
- сенсоры 4/628
- субстратные комплексы 1/555, 558; 3/211, 225; 5/152–154. См. также Субстраты
- электродные 2/423, 522; 5/150, 151
- Ферменты 5/158, 159, 160; 1/470, 552, 554, 555; 3/156, 157, 786. См. также отдельные классы и представители
- активность 1/549, 578, 1126; 2/661, 1194; 4/430; 5/148, 152, 159
- аллостерические, см. Аллостерические регуляторы ферментов
- внутримолекулярные 2/364, 365
- гистохимия 2/743
- дыхательные 1/558; 3/668–670
- и высокие давления 1/1219
- и метаболизм 1/561; 3/625, 626
- и обращенные мицеллы 3/186
- и очистка стоков 3/861
- изоформы, см. Изоферменты
- иммобилизация, см. Имобилизованные ферменты
- ингибиторы 1/341; 2/731; 4/519; 5/153
- индуцибельные 3/503
- искусственные 5/745
- как антивитамины 1/751
- кластерные 2/797
- липолитические 2/1184
- металлосодержащие 1/550, 1098
- мембранные, см. Биомембраны
- множественные формы 2/395
- модифицирование 4/430
- операционная стабильность 2/463
- определение 2/293; 5/148–152, 819
- пищеварительные 1/558
- применение, см. Ферментативные методы анализа, Ферментосодержащие материалы
- протеолитические, см. Протеолитические ферменты
- разделение 2/295, 1171
- реакции, см. Ферментативные реакции, Ферментативный катализ
- регуляторы, см. Регуляторы ферментов
- сериновые, см. Сериновые ферменты
- стереоспецифические 2/395, 407; 4/858
- сычужный 5/517, 518
- факторы комплемента 2/876
- целлололитические 5/661, 662
- эффекторы, см. Эффекторы ферментов
- адон 1/1095, 1096; 5/272, 273, 1034, 1035
- Q 1/1132
- Ферми
- взаимодействие 4/790
- жидкость 1/1003
- золотое правило 1/800
- корреляция 5/869
- поверхность 2/77; 4/995
- уровень 4/995; 5/361
- энергия 2/794
- Ферми–Дирака
- статистика 2/718; 3/892; 4/826; 5/868
- уравнение 4/995
- Фермий 5/160; 1/131, 132; 2/1214; 3/57
- Фермионы 3/627, 892; 4/687, 826; 5/930
- Феромоны 5/161, 174, 449, 1044; 1/415; 2/378; 3/407, 737, 784, 885, 995, 1033; 4/661, 927
- «Ферр» 3/575. См. также Железо
- Ферразол 1/713
- Ферраты 2/255, 272; 3/577
- Ферредоксин 5/161, 162, 346, 348; 1/1026, 1150; 2/797; 3/503, 504, 653
- Ферромагнетики 5/162, 102, 103, 163, 164; 2/48, 254, 265, 1245; 3/68, 167, 881, 882; 4/911, 997, 1039
- Ферриметрические титрование 3/969
- Ферримолибдат 1/1057; 3/241
- Ферриоксалат 1/133; 5/339
- Ферриты 5/163, 61, 162, 164, 615, 788; 1/341; 2/51, 255–257, 259, 261, 262, 271, 733, 735, 801, 1035, 1288, 1240–1243; 3/147, 433, 481, 777, 1012, 1013; 4/110, 291, 333, 502, 575, 712, 1002. См. также соединения элементов, индивидуальные представители
- Феррицианид 3/36
- Ферроактиваторы 5/271
- Ферробор 1/575, 578
- Ферроанодий 1/672, 674, 679; 2/263; 4/1057
- Ферровольфрам 1/209, 814; 2/263
- Ферродоксин 1/610
- Ферроидности, реология 4/491, 492
- Ферроин 2/205; 5/118
- Ферроксид 5/163
- Феррохлорид 5/163
- Ферромагнетики 5/164, 102–104, 162, 163, 165, 257, 609, 616, 868; 1/209, 341, 875, 1157; 2/48, 156, 243, 265, 270, 371, 734, 827, 1072, 1111, 1147, 1238, 1245, 1289; 3/68, 98, 167, 329, 473, 483, 500, 629, 634, 698, 881, 882; 4/142, 574, 575, 684, 708, 789, 876, 911, 997, 1057
- Ферромарганец 2/258, 262, 263, 1287–1289; 5/902
- Ферромолибден 2/263; 3/241, 244
- Ферроникель 2/263; 3/474
- Ферроникобий 1/209; 3/492; 4/981
- Ферронихром 3/482
- Ферроплатина 3/1128
- Ферропорфирин 1/1006; 5/772
- Ферросилиций 2/258, 262, 263, 580, 1010, 1032, 1202; 3/244, 631; 4/685, 730, 875; 5/752
- Ферросплавы 2/258, 262, 263, 839, 1153; 3/93, 94, 97; 4/182, 575, 633, 982; 5/651. См. также Железа сплавы, индивидуальные представители
- Ферротитан 2/263; 4/1175
- Феррофосфор 3/1001; 5/284
- Феррохелатаза 2/1169
- Феррохром 2/262, 263; 3/1076; 4/1057; 5/610, 611, 619
- Ферроцен 5/165, 166, 635, 734; 1/326, 379; 2/100, 274, 275, 367, 628, 919; 3/10, 80, 84, 91, 92, 787, 808, 826; 4/26, 397, 821
- Ферроцерий 5/693
- Ферроцерон 5/166
- Ферроцианид 5/339
- Ферроцитохром 5/772
- Ферроэлектроника 5/538
- Феррупор-AZ 4/134
- Ферсмит 3/489
- Ферстера
- уравнение 5/337
- цикл 5/338, 352
- Фертильные материалы 5/166, 1030, 1031
- Феруловая кислота 2/972; 3/896; 5/201, 202
- Фетальный гемоглобин 1/1008
- Фетраль 2/261, 262; 4/802
- Финант 2/222, 223; 5/766
- Фибриды 1/623; 3/436; 5/235
- Фибриллы 1/620–622; 2/1061; 3/177, 437, 808; 4/663, 1016; 5/389, 390, 620, 663
- белки, см. Фибриллярные белки
- нити 5/166, 167; 1/806
- Фибриллярные белки 1/470; 2/735, 736, 856, 857, 1266; 3/176–178
- Фибрин 5/167, 16, 121, 470, 474; 2/361, 559; 3/1097, 1098; 4/1247
- Фибриноген 3/1098; 5/1, 16, 17, 167, 168
- Фибринолизин 1/248, 322
- Фибринопептиды 5/168
- Фибробластный интерферон 2/487
- Фибровиль 3/1236
- Фиброн 1/801; 2/736; 5/237
- Фибролит 1/871; 2/229, 1248
- Фигуративные точки 2/56, 58, 59, 63, 64
- Фигуровского седиментометр 2/148
- Фигон 3/388, 390
- Физера модели 3/227
- Физика 5/507, 508, 512
- атомная 5/511
- химическая, см. Химическая физика
- Физико-химическая гидродинамика 5/169, 170; 2/613, 1261; 4/362, 1207
- Физико-химическая механика 5/171, 172; 2/860; 3/147, 1173
- Физико-химические методы анализа 5/172, 100, 173, 490–492, 497, 498, 932, 933; 1/120, 292, 293, 295; 5/712. См. также отдельные методы
- Физико-химические процессы в земной коре, см. Геохимия
- гидродинамические, см. Физико-химическая гидродинамика
- гидротермальные 1/1018, 1019
- депрессия 1/848
- механические, см. Физико-химическая механика
- миграция химических элементов 1/1015–1021; 2/789
- Физико-химический анализ 5/174, 175–177, 515, 901; 4/1002, 1006, 1058. См. также Диаграммы
- Физическая химия 5/176, 177–179, 464, 480, 481, 491, 509
- Физические методы анализа 5/180, 932, 933; 1/292, 293, 295; 2/709, 712
- Физические процессы
- абсорбция 1/4–19, 904, 931, 932
- адсорбция 1/53–63, 905, 1052
- моделирование 3/193
- очистка мембран 3/39
- Физостигмин 5/180, 181, 1051, 1052, 1056; 1/346; 2/460
- Физостигмол 5/181
- Физика законы 2/126, 192, 195–197, 514; 3/842, 947, 948; 4/1067
- Фикентера константа 3/1232
- Фикоцианин 2/280

- Фикоэритробилин 2/280
 Фиксажи 3/364; 4/399, 921; 5/182, 452, 455
 Фиксаны 5/181
 Фиксаторы
 запахов 1/496, 511; 2/215, 237, 1113; 4/209, 576, 661, 713, 868; 5/660
 при крашении 5/751
 ткани в электронной микроскопии 2/743
 Фиксирование фотографического изображения 5/181, 182, 329, 452, 453.
 См. также *Фиксажи*
 Филлисит 5/681
 Филлохинон 1/749
 «Философский камень» 1/189, 190
 Филпреи 1/635, 718–720
 Фильеры 3/437, 1130, 1202, 1203; 4/485, 486, 565, 575, 846; 5/226–230, 232, 234–236
 Филтрат 3/38, 41; 5/183
 Фильтрование 5/183, 170, 184–195, 715; 1/1105, 1106; 3/637, 819, 851, 857–859, 967, 968
 газов 1/899; 2/322
 и горение 4/575
 и осаждение 3/819
 интенсификация 2/491
 как концентрирование 2/916
 материалы, см. *Фильтровальные материалы*
 мембранное 3/39–41, 45
 суспензий 4/952
 устройства, см. *Фильтрующие устройства*
 центробежное 5/673–676
 электроосмотическое 5/851
 Фильтровальные материалы 1/899; 2/607; 3/437, 438, 817–819, 858; 4/65, 847, 848; 5/183–188, 191, 193, 194, 553, 554. См. также *Защитная одежда, Мембраны разделительные, Фильтры*
 Фильтрующие устройства
 противогазы 4/220–224
 фильтры 1/191, 386, 427, 770, 772, 773, 899, 900, 931, 1105; 2/1199; 3/41, 637; 4/141, 142, 221, 272, 282, 283, 285, 286, 647, 648; 5/24, 25, 183–195
 центрифуги 5/193
 Финитное движение микрочастиц 2/719
 Финифть 5/943
 Финиш-процессы 3/1013, 1016; 4/72
 Финкельштайна реакция 5/195; 1/948, 953; 2/32; 3/938
 Финоптин 1/683
 Финтклен 1/1141
 Фиолетовые красители и пигменты
 диоксаниновые 3/1017
 К жирорастворимый 1/367
 кристаллический 2/1057, 114, 221, 302, 448, 449; 1/155; 3/181, 834; 4/230, 396, 397, 945; 5/961
 метилловый 1/367; 2/302, 447, 449, 1128; 4/247, 944, 975; 5/750
 β-хинакридоновый 1/113
 Фитадиенолы 5/574
 2,16,20-Фитатриенол 5/574
 Фитин 2/1233; 3/1089; 5/715
 Фитиновая кислота 5/715
 Фитоалексины 5/196, 417
 Фитогематтлютинины 2/1162, 1164
 Фитогликоген 2/988
 Фитогормоны 5/195, 196, 417, 982; 1/1063; 3/626; 4/428
 Фитол 1/182, 749; 5/573, 574
 Фитолектины 2/1162
 Фитоменадион 1/749, 750
 Фитоциды 1/339
 Фитостерины 1/827; 4/859–861
 Фитостерингидролиз 4/968
 Фитотоксины 4/1194, 1196
 Фитохром 2/280
 Фитозиды 4/864
 Фиттига модификация 1/869; 3/966
 Фишера
 альдегид 3/113
 критерий 2/749; 3/638, 643, 1008
 метод 1/365; 3/269
 номенклатура 5/573
 основание 3/131
 реактив (реагент) 5/196; 1/108, 109; 2/121, 499, 648, 1024; 3/795; 4/396
 реакция 5/197, 122, 713, 1060; 1/63, 1073; 2/457, 618; 4/713
 соль 2/821, 822
 формулы (проекции) 5/198; 2/905, 906, 1189; 3/265, 569, 570
 Фишера–Тропша синтез 5/198, 45, 199; 1/205, 828; 2/678, 797; 3/325, 457, 727, 912; 4/193, 194, 697, 705
 Фишера–Хафнера реакция 5/635
 Фишера–Хелпа перегруппировка 5/199, 200; 3/534, 536
 Фишера–Ширшфельда–Тейлора модели 3/228
 Фишера–Шпайера реакция 5/197
 Флавакрилин 1/338; 3/834
 Флаван 5/201
 Флавандиолы 4/979; 5/201, 202
 Флаванолы 1/556, 557; 4/979; 5/201, 202
 Флаваноиды 2/973; 5/201, 202
 Флаваноны 2/973; 5/201, 202
 Флавантроны 1/245; 3/1016, 1017
 Флавановая кислота 1/362
 Флаванит 1/362
 Флавины (м) 1/1150; 2/242; 3/253; 5/772
 Флавинадениндинуклеотид 1/609, 752, 1153; 2/968, 970; 3/254, 697; 4/894, 1259, 1261, 1262; 5/151
 Флавинадениннуклеотид 4/523
 Флавинадениннуклеотидфосфат 3/503
 Флавинат 2/970
 Флавиномоноклеотид 1/752; 2/968; 3/697; 4/523, 894
 Флавинонуклеотидфосфорилаза 4/524
 Флавиновые коферменты 1/525; 2/967, 968; 4/523, 524
 Флавогност 1/603
 Флавокиназа 4/524
 Флавоны (м) 5/200, 201, 202, 942; 1/603; 2/277, 747, 973, 1274; 4/1269. См. также *Флавоноиды*
 Флавоноиды 5/200, 140, 201–204, 1051, 1056; 1/519, 1129; 2/1194, 1218; 3/1075; 4/428
 Флавоиолы 1/556, 557; 2/973; 5/202
 Флавопротейды 1/558; 2/968; 3/652, 653, 697; 4/523, 524
 Флавопурпурин 3/689, 690
 Флагил 4/239
 Фламулин 5/1050
 Флампон-изопропил 1/1029
 Флантпас 4/600
 Флегма 2/162, 163, 166, 895; 4/453–455, 457, 460; 5/715
 Флегматизаторы 1/608, 704–706, 1000; 2/601; 3/1075, 1191; 4/135, 731; 5/550, 568
 Фленны 5/374, 375
 Флексибиллизаторы 2/286
 Флексикоксинг 4/1059–1061
 Флемоны 3/982
 Флеш-фотолиз 3/507
 Флинкап 2/572, 1209
 Флиндерсен 5/529
 Флинты 3/755; 4/837, 838
 Флип-флоп 2/1186
 Флогистона теория 3/412; 5/508, 510
 Флогистонг 4/561, 723, 724; 5/654
 Флокулянты 5/203, 204, 205, 247, 382; 1/770; 2/83, 212, 816, 817, 860; 3/820, 859, 1195, 1196, 1211, 1239; 4/80, 84–86, 633, 952
 Флокуляция, см. *Коагуляция, Флокулянт*
 Флореналь 4/218
 Флора
 допущения 3/1257, 1263
 параметр набухания 2/1264
 приближение 4/368
 принцип 2/1268
 распределение 3/1258
 θ-температура 2/1264; 4/370, 371
 Флори – Хатгинса константа 4/371, 663
 Флоримини 4/241
 Флорини 4/146
 Флорион 5/205; 3/178
 Флороглюцины (м) 1/347; 2/234, 864; 3/692–694; 4/195, 507, 1268, 1269; 5/11, 140, 141
 Флоротанинрот 3/693
 Флотационное масло 2/1165; 3/724, 826
 Флотация 5/205, 204, 206–212; 1/770, 1192; 2/4, 51, 53, 562, 563, 595, 596, 818, 916, 1299; 3/93, 636, 901, 922, 1001, 1016; 4/434, 633, 639, 640, 834, 903. См. также *Флотореагенты и взаимодействие гидрофобное*
 1/1111
 – – лиофобное 2/1182
 и гидравлическая классификация 2/792
 и измельчение 2/351
 и очистка стоков 3/858, 859
 и расклинивающее давление 4/345
 и фазовый анализ 5/105
 инфразвуковая 2/491
 ионная 3/420, 860, 898; 5/206
 пенная 2/562, 1086; 3/858; 5/205, 206, 209–212. См. также *Пенная сепарация*
 Флотогравитация 5/206
 Флотореагенты 1/866; 2/51, 53, 84, 594, 648, 860, 1086; 3/363, 370, 724; 4/928, 935, 977, 1155; 5/205–212, 256, 283, 754, 1006. См. также *Флотация*
 Флотские мазуты 2/964, 965, 1005
 Флуазифон-бутил 1/1028
 Флуалинат 3/1041, 1042
 Флукофурон 2/474
 Флуктуационная теория, см. *Критические явления*
 Флуометурон 1/1030, 1031
 Флуорантен 5/212; 1/420; 2/591; 3/894
 Флуорантен-3,9-дисульфокислота 5/212
 2-(Флуорантеноил)бензойные кислоты 5/212
 Флуорантен-2,3-хинон 5/212
 Флуорексон 2/580
 Флуорел FT 5/397
 Флуорены (м) 5/212, 213, 763, 785; 1/236, 372, 418; 2/183, 591–593, 595, 605, 777, 846; 3/82, 364, 463, 529, 974; 4/234, 502, 503, 1108
 Флуорениден 2/622
 Флуореноны 2/427; 5/212
 Флуорескамин 1/476
 Флуоресцен 1/362, 614; 2/89, 171, 448, 449, 1082, 1083, 1217, 1218, 1228; 3/306; 4/394, 448; 5/213, 378, 957
 Флуоресценция 1/112; 2/452, 731, 1083, 1216–1218; 3/272, 387. См. также *Флуоресценция*
 красители 5/213, 212, 214; 2/1082, 1216–1219; 3/132, 704, 834
 краски 2/1228
 метки 1/42; 2/1184, 1185, 1187, 1190, 1228; 3/589, 837; 4/968; 5/270, 770
 микотоксины 3/155
 отбеливающие, см. *Отбеливатели оптические пигменты* 5/444
 Флуоресцентный анализ 2/1083, 1218, 1219; 3/272, 475; 4/467, 982; 5/213
 атомный, см. *Атомные методы анализа*
 газов 1/890
 жидкостей 2/292
 микроскопия 5/770
 рентгеновский, см. *Рентгеновские методы анализа*
 Флуоресценция 2/45, 81, 124, 292, 1218, 1224, 1228; 5/213, 214, 350, 351, 554, 884, 885
 замедленная 2/1120, 1221, 1223
 и магнитные эффекты 2/1239
 и УФ излучение 5/64
 и функциональный анализ 3/795.
 См. также *Флуоресцентный анализ*
 и эксимеры 5/811
 и электронные переходы 2/727, 729
 интенсивность, см. *Флуориметрия*
 квантовый выход 1/40; 2/1222
 лазерно-индуцированная 2/1121; 3/141, 238, 239
 резонансная 1/410
 соединений, см. *Флуоресцентные соединения*
 тушение 2/990, 1062, 1083, 1212, 1216, 1223, 1224; 3/272, 837; 5/213, 338, 339, 812
 Флуоресцирующие соединения, см. *Флуоресцентные соединения*
 Флуориметрия 2/1202, 1216; 3/471, 795; 4/1021
 Флуосил 2/1027
 Флуосит 5/144
 Флустирилен 3/398, 399
 Флутриафен 5/419
 Флутримазол 5/419
 Флуфенамин 1/108
 Флуцитринат 3/1041, 1042
 Флюидные методы
 коккинг-процесс 4/1059, 1060
 хроматография 5/610, 611, 620, 621
 экстракция 5/834, 835
 Флюолайты 3/837
 Флюон 5/403
 «Флюор»-газоочистка 1/931
 Флюорит 5/214, 386, 388, 396, 654; 1/951; 2/222, 578, 590, 1064; 3/166, 167, 774; 4/434, 556, 617, 684
 Флюорит 4/434
 Флюоринпрофен 1/297; 4/219
 Флюсы 1/196, 219, 284, 285, 332, 576; 2/256, 258, 268, 349, 350, 587, 590, 1153, 1206, 1235; 3/7, 362, 368, 406, 751, 1201; 4/110, 111, 346, 592, 593, 944; 5/214, 658
 Флюфеновая кислота 1/297
 Флюири-пасты 3/1010, 1013
 ФМН, нуклеотид 2/968
 Фожанты 2/676; 4/679; 5/681
 Фозалон 1/106; 2/471
 Фокиан, оператор 3/233, 234
 Фоккера–Планка уравнение 2/126
 Фокохлоревая кислота 2/278
 Фоксин 1/337, 497; 2/471
 Фолат 1/484; 5/214
 Фолацин 5/214, 215, 216; 1/751, 752; 3/470; 4/270, 524
 Фолекс 2/53
 Фолиевая кислота 1/484, 751, 752, 1210; 2/426; 3/470; 4/235, 901, 1095, 1096; 5/214–216, 449, 591
 Фолина
 реактив 1/742; 5/217
 реакция 5/217; 3/796
 Фолина–Денниса реакция 3/710
 Фолина–Чокалтеу реактив 5/217
 Фолион 5/217; 2/237

- Фолликулостимулирующий гормон 5/217, 218, 605; 1/1047, 1163; 2/1228; 3/401; 4/1169
- Фоллитропин 5/217
- Фоллет 1/337; 5/417
- Фольга 1/563, 977, 987, 1062; 2/157, 537, 1192; 3/8, 86, 87, 754, 758, 834, 1135, 1138; 4/709, 912
- Фольгарда метод 1/362; 4/159, 640
- Фольгизол 2/328
- Фольгонзол 1/563
- Фольмера диффузия 1/60
- Фольмера — Эрлен-Груза теория 5/923
- Фононы 3/64, 66; 4/463, 826, 831, 996, 997
- Фонтанирующий слой 4/258, 961, 963
- Фопури 5/218, 219; 4/234
- Форатоксин 5/1051
- Форконтракты 2/668
- Формадур 3/1231, 1232
- Формазаны 5/219, 220, 221, 1059; 1/684; 2/700, 980
- Формали 1/422; 5/222
- Формалин 5/221, 46, 135, 457, 566, 613, 619; 1/251, 252, 307, 337, 549, 1123, 1210; 2/18, 19; 3/35, 282, 785; 4/247, 1264. См. также *Формальдегид*
- Формальдегид 5/221
- водные растворы, см. *Параформальдегид*, *Формалин*
- комплексы переходных металлов 3/825
- коррозийная активность 1/636
- межзвездных облаков 2/962
- метаболизм 3/615–620
- мультиграф 1/1197
- окисл 2/1287; 3/701, 703; 4/394
- определение 1/782, 915, 916; 2/1271; 5/223
- получение 1/990, 1102, 1134, 1163; 2/13, 113, 140, 665, 667, 672; 3/101, 119, 120, 123, 346, 916, 1144; 4/63, 642, 768, 803, 804, 820; 5/222, 223, 428, 984
- применение 1/337, 452; 2/18, 235, 236, 634, 998; 3/39; 5/223. См. также *Феноло-формальдегидные материалы*
- свойства 1/70, 71, 114, 119, 156, 163, 164, 194, 196–198, 230, 236, 240, 255, 265, 266, 269, 303, 307, 308, 311, 358, 367, 430, 434, 455, 639, 644, 651, 652, 680, 715, 721, 732, 792, 948, 990, 1067, 1132, 1142, 1203, 1209; 2/11, 66, 67, 80, 84, 114, 116, 117, 123, 134, 140, 173, 178, 184, 211, 227, 233, 235, 236, 375, 378, 398, 411, 439, 456, 603, 619, 629, 636, 640, 731, 745, 768, 1034, 1155, 1203, 1215, 1279, 1280; 3/34, 35, 38, 61, 107, 110, 114, 124, 171, 280–282, 289, 376, 502, 511, 533, 555, 568, 578, 663, 681, 690, 701, 704, 709, 738, 911, 913, 916, 992, 1021, 1032, 1080, 1118, 1167, 1195, 1207, 1212, 1222, 1230, 1232, 1239; 4/169–171, 173, 195, 199, 200, 205, 207, 256, 257, 277, 446–448, 501, 613, 635, 642, 741, 760, 803, 804, 895, 907, 999, 1012, 1090, 1101, 1102, 1199, 1203, 1255, 1264, 1266; 5/28, 56, 65, 126, 132, 135, 136, 204, 221–223, 430, 566, 567, 605, 700, 964, 975, 978, 986, 1012, 1059
- сополимеры 1/115, 344, 636; 3/257; 4/64. См. также *Полиформальдегид*
- Формальдегиддегидрогеназа 1/1153.
- Формальдимин-катион 2/1
- Формамид 5/223, 224, 225, 239; 1/188, 229, 419, 443, 508, 709, 783, 1112, 1203; 2/32, 340, 474, 942, 1084, 1155, 1319; 3/29, 105, 143, 289, 290, 511, 600, 674, 679, 1037; 4/274, 359, 447, 696, 1248
- Формандинны 1/228; 4/1141
- Форманилид 1/305, 504; 3/523
- Формвар 3/1231, 1232; 5/871
- Формиат, метаболит 3/613, 615–618
- Формиаты 5/224, 45, 130, 223, 1010; 1/1222, 1203; 2/121, 526; 3/71, 289, 833
- Формил 1/442; 2/325, 326; 3/569, 573; 5/1, 224, 225. См. также *Формилирование*
- 2-Формилакриловая кислота 5/434
- α -Формиламиноацетофенон 2/1109
- N-Формил-3-аминодифениламин 1/248
- N-Формиланилин 1/305
- 1-Формилантрахинон 1/155
- Формилацетон 2/742
- 5-Формил-1,3-бензодиксоль 1/504
- Формилбензойные кислоты 3/547; 4/1055
- Формилгалогениды 1/943, 983; 5/224
- Формилгидразины 2/68
- 2-Формил-2,3-дигидропиран 1/118
- 1-Формилгидрохинолин 4/1149
- N-Формилгидразол 5/225
- Формилирование 5/224, 142, 225, 400, 450; 1/442, 443, 943, 982, 983; 2/1, 90, 95, 114, 121; 3/340, 341, 825, 1078; 4/1026, 1156, 1157, 1200
- Формилхиуренин 3/619, 620
- Формилметонин 1/1012
- N-Формилморфоллин 5/224
- Формилмочевина 5/84
- Формилксигруппа 3/569
- 4a-Формил-1,4,4a,5a,6,9,9a,9b-октагидродибензофуран 4/494
- 3-Формилпентандиаль 1/196
- N-Формилпиперидин 1/420; 5/224
- 2-Формилпиридин 4/1149
- 2-Формилпиррол 3/1078
- 3-Формилпропионовая кислота 4/1262
- 6-Формилптерин 5/214
- 3-Формилрнфаминин 1/303
- 5-Формилтетрагидрофоллиевая кислота 4/1241
- Формилуксусные кислоты 1/195, 415
- Форминци 3/594, 595
- Формование волокон неорганических 3/417
- химическое 5/225, 47, 157, 226–237, 389, 390, 660; 1/425–427, 731, 732, 803–806, 860; 2/993, 994; 3/144, 262, 1199, 1200, 1202–1204, 1210, 1236; 4/27, 49, 50, 64, 87–89, 485, 486, 1083
- кокса 2/843
- огнеупоров 3/650, 651
- полимеров 3/1114, 1119–1121, 1136, 1139, 1249, 1251; 4/3–12, 14–16, 40, 41, 44. См. также *Экструзия полимеров*
- порошков 1/814; 4/140, 141
- реакционное 3/743; 4/49, 55, 57
- стекломассы 4/839
- фарфора и фаянса 5/113, 114
- химическое 3/743; 4/49, 55, 57
- эластомеров 1/846; 4/440; 5/86, 87
- электролитическое 1/977
- Формообразование анодное 5/912, 913
- Формоза 1/652
- Формолиз 1/442
- Формолизит 5/144
- Формоль 5/221
- Формотонин 1/106; 2/471, 472
- Формулы химические 5/237, 238
- Блазера–Ворса 5/286
- для минералов 3/165, 166
- конституционные 3/785
- Ньюмена 3/606, 266, 267, 571, 572; 4/848
- структурные 3/204, 205
- Фишера 5/198; 2/905, 906, 1189; 3/265, 569, 570
- Хоурса (Хеурса) 5/607; 3/265
- эмпирические 3/165; 5/237, 238
- Форм-факторы, см. *Электронная плотность*
- Формы аналитические 3/168, 169
- пролонгированные лекарств 3/203
- Форон 1/436; 2/744; 4/1256
- Форполимеры 5/238, 86, 138, 430; 3/1213, 1214, 1216, 1217, 1240, 1261; 4/49, 51, 52, 54–56, 62, 71, 840
- Форстерит 3/650; 4/708; 5/291
- Форсуни 3/441, 647; 4/139, 346–349, 963, 964; 5/301, 628
- Фортафил 5/49
- Фортуитин 2/1195, 1196
- «Фортол», пенообразователь 3/648
- Фосацетил 2/342
- Фосаген 5/238
- определение 1/892, 894, 915, 916; 5/238
- получение 1/948; 2/187; 5/12, 13, 45, 238, 580, 776
- свойства 1/252, 256, 267, 270, 299, 421, 422, 435, 508, 514, 530, 582, 668, 709, 715, 943, 988–990; 2/82, 95, 174, 176, 184, 404, 405, 413, 418, 419, 620, 629, 639, 641, 648, 741, 1085; 3/106, 112, 181, 281, 347, 378, 699, 843–846, 1253, 1254; 4/25, 200, 224, 438, 570, 898, 938, 1106, 1131, 1153, 1154, 1168, 1200, 1203; 5/52, 57, 93, 94, 125, 131, 141, 239, 240, 551, 708, 978, 990. См. также *Фосген*
- Фосеинирование 5/239, 125, 240; 2/184, 404, 405; 3/115, 1253, 1254; 4/1199, 1200. См. также *Фосген*
- Фосмет 2/471
- Фостарен 4/39, 40
- Фостетрол-1 1/149
- Фостетан 2/472; 3/405
- Фосагены 2/1004
- Фосафазны 5/240–242
- Фосафазны 5/240, 242, 790
- Фосазогидриды 5/240, 241
- Фосазакарбацилы 5/240
- Фосазаореакция 2/763, 764; 5/241
- Фосазаосоединения 5/240, 241, 242, 264, 266, 293, 307; 2/764; 3/514; 4/1192, 1203. См. также *Полифосфазены*
- Фосфазосульфоны 5/240
- Фосафол 5/242; 1/346
- Фосфаметинцианины 4/1263
- Фосфамиды 1/106; 5/242
- Фосфатазы 5/242, 243, 244, 246, 1036–1039; 1/40, 1097, 1098; 2/475, 1190; 3/198, 601, 879
- Фосфат-ацетилтрансфераза 5/243; 4/1242
- Фосфатбетанин 3/1167
- Фосфатазы 5/272, 273
- Фосфатадевая кислота 3/1095
- Фосфатидальсерин 3/1095
- Фосфатидальхоллин 3/1095
- Фосфатидальэтанолламин 3/1095
- Фосфатидилглицерин(ы) 5/244, 269; 2/187, 188, 1188, 1189, 1191; 3/49; 4/1011
- аминнокислотные эфиры 5/243, 244, 269; 2/1189
- фосфат 5/244
- фосфатсинтетазы 5/244
- Фосфатидилинозиты 1/1164; 2/1189, 1191; 3/49, 51; 5/268, 269, 271, 272
- Фосфатидилсериндекарбоксилазы 5/246
- Фосфатидилсерин 5/244, 246, 269; 2/1189–1191; 3/49, 51; 4/642
- Фосфатидилтрансфераза 5/272
- Фосфатидил-холестерин-ацилтрансфераза 2/1177
- Фосфатидилхоллин 5/245, 244, 246, 269, 270, 422, 591; 1/39; 2/141, 1187–1191; 3/48, 49, 51
- Фосфатидилэтанолламин 5/245, 244, 246, 269; 2/1189–1191; 3/48, 49, 51
- Фосфатидовые кислоты 5/246, 244, 269, 271; 1/1164; 2/1189–1191
- Фосфатирование 1/1208; 2/266, 1130, 1288; 3/991; 5/299
- 5'-Фосфат-рибозил-аденозинмонофосфат 3/619, 620
- 5-Фосфат-рибозил-5-аминоимидазол 3/619, 620
- N-(5'-Фосфат-рибозил)антраинилат 3/619, 620
- 5'-Фосфат-рибозилглицинамид 3/619, 620
- N-(5'-Фосфат-рибулозил)антраинилат 3/619, 620
- Фосфаттрансфераза-3-фосфо-D-глицерат 5/268
- 6-Фосфат-D-фруктоза 4/582
- Фосфаты 2/263; 3/166; 5/307
- буферные растворы 2/743
- вяжущие 1/871
- двойные и тройные 2/571; 5/249, 251, 252. См. также *Двойной суперфосфат*
- ингибиторы 2/436
- нисектиды 2/472
- нисектиды 5/249–252. См. также *Кислые соединения*
- клен 2/800, 801
- конденсированные 5/246, 247–251, 253, 275, 281, 299, 571, 572, 719; 2/266, 267; 3/367, 368. См. также *Фосфор, кислоты*
- кормовые 2/937, 938. См. также *Кормовые составы*
- магнетный плавленый 2/1233; 5/305
- неорганические 5/249, 55, 73, 207, 208, 250–253, 281, 284, 288, 299–302, 438, 761; 1/467, 847, 902, 1120; 2/290, 664, 1225, 1226; 3/419, 564, 623, 624, 668, 669, 883; 4/482, 560, 981, 1259. См. также *Апатит, Фосфориты, соединения химических элементов*
- обесфторенные 2/937; 3/1056; 5/305, 306
- определение 1/490
- органические 5/253, 6, 7, 254–256, 266, 274, 275, 296, 308, 311, 347–349; 1/558; 3/1077, 1116, 1177; 4/1002, 1162, 1257. См. также *Аденозинфосфорные кислоты, Нуклеиновые кислоты, Тейхоевые кислоты, Фосфолипиды, индивидуальные представители*
- основные 5/249–252. См. также *Основные соединения*
- пищевые добавки 3/1090
- разноанионные (катионные) 5/249–252
- растворители 4/359
- ренания 2/498
- смешанные 5/249–252. См. также *Смешанные соединения*
- средние 5/249–252. См. также *Средние соединения*
- стекла 4/321, 835, 837; 5/247
- термические 5/305, 306
- удобрения, см. *Комплексные удобрения, Фосфорные удобрения*
- флинты 3/775
- целочесные 5/246–248
- циклические 5/248, 249
- шлаки 1/1188; 2/870; 3/172; 5/54
- электролиты 2/518; 3/1129
- Фосфены 5/442
- Фосфиды 5/256, 257, 258, 263, 265, 268, 283, 285, 305; 2/272, 622, 671,

- 734, 735, 962; 3/76, 165, 166, 575; 4/107, 111, 112, 114, 115, 118, 465, 482, 575, 981
- Фосфин** 1/1120; 3/751, 1036; 4/223, 627, 1102, 1264; 5/14, 16, 263, 282, 284. См. также *Фосфор, гидриды; Фосфористый водород*
- Фосфиназин** 5/264
- Фосфинилкислоты** 5/258
- Фосфинилкислоты** 5/258, 259, 264, 292, 307, 311, 606
- Фосфинаты** 5/259, 260, 263, 279, 307; 1/964
- Фосфиниды** 1/201
- Фосфинины** 2/404
- Фосфинистые кислоты** 5/260, 261, 262. См. также *Фосфиниты*
- Фосфиниты** 5/260, 262, 307; 3/179
- Фосфиновые кислоты** 5/260, 259, 261, 279, 286, 287, 307; 1/963; 2/923. См. также *Фосфинаты*
- Фосфиноксиды и фосфинсульфиды** 5/261, 242, 262–265, 274, 277, 307, 310, 311; 1/964; 2/294, 629
- Фосфины** 5/263
- неорганические 1/964, 1080; 2/1279; 3/84; 4/533; 5/256–258, 263, 264, 307. См. также *Фосфин; Фосфор, гидриды; Фосфористый водород*
- окисл. и тиоокисл., см. *Фосфиноксиды и фосфинсульфиды*
- органические 1/184, 388, 506, 643, 1095; 2/118, 170, 275, 276, 641, 908; 3/734–737, 873–875; 4/390, 467, 468, 554, 917; 5/7, 14, 251–261, 264, 265, 277, 278, 280, 305, 311, 635, 710, 791, 860. См. также *Триметилфосфин, Трифенилфосфин*
- галогенированные, см. *Галогенфосфины*
- гетероциклические, см. *Фосфорсодержащие гетероциклы*
- Фосфирен** 5/313
- Фосфитамиды** 4/1001
- Фосфиты**
- неорганические 5/265; 1/1120; 3/179, 180, 969. См. также *Фосфористая кислота*
- органические 5/265, 7, 13, 256, 266–268, 276, 288, 296, 297, 307, 308, 310, 314, 791, 1012; 1/3, 184, 334, 335, 360, 361, 649; 2/122, 641; 3/511, 734, 1234; 4/682, 683, 815, 817, 1162, 1264
- 3'-Фосфодезокси-5'-фосфосульфат** 1/368
- Фосфоангидрид** 5/302
- Фосфоанилаз** 5/243
- Фосфобетаны** 5/276–278
- Фосфовинилные эфиры** 5/310, 312. См. также *Перкова реакция*
- Фосфогексаоксидаза** 2/1211
- Фосфогемидриат** 5/302
- Фосфогипс** 1/468, 870; 3/863; 4/650; 5/302, 469
- Фосфоглицеринфосфолипиды** 5/314
- 2-Фосфо-D-глицератгидролаза** 5/953, 954
- 3-Фосфоглицераткиназа** 5/268; 4/1242
- Фосфоглицерат-фосфомутаза** 2/364
- Фосфоглицериды** 5/268, 246, 269, 270, 272, 273; 2/1188–1191; 4/968
- 2-Фосфо-D-глицерин** 2/1169
- Фосфоглицериновые кислоты** 1/43, 1135; 2/633; 3/270; 4/1242; 5/347, 348, 268, 953
- 3-Фосфоглицериновый альдегид** 1/43, 1143; 2/1211
- 3-Фосфоглицеронилфосфат** 5/347
- Фосфоглицерофосфолипиды** 5/274
- Фосфоглюкомутаза** 4/1242
- 6-Фосфоглюконат** 3/614, 918–921
- 6-Фосфоглюконатдегидрогеназа** 3/469
- 6-Фосфоглюколат** 3/918, 919
- Фосфодистеразы** 5/270, 1034, 1037, 1041; 1/40, 318; 2/578; 3/578; 4/268, 269, 516, 538, 773, 810, 1193
- Фосфодифенильный синтез нуклеиновых кислот** 3/590, 591; 5/38
- Фосфоенолпириновинаградная кислота** 1/1135, 1136, 1155, 1156; 2/407, 633, 1169; 3/613, 5/348, 953. См. также *Фосфоенолпирилат*
- Фосфоенолпирилат** 3/613, 617, 618, 623, 625, 928; 4/1261; 5/121, 270, 953
- Фосфоенолпирилат-карбоксикиназа** 5/270, 271; 2/1168
- Фосфоенолпирилаткарбоксилаза** 3/1083
- Фосфоинозитиды** 5/271, 269, 272, 715; 1/1137; 2/695, 696
- Фосфокеталазы** 2/969
- Фосфокиназы** 2/395
- Фосфокреатин** 2/1003, 1004
- Фосфол** 2/908, 909; 5/312
- «Фосфолан»** 2/175
- Фосфолипиды** 5/272, 244–246, 273, 1034–1037, 1039, 1040; 1/165, 1097; 2/578, 1177, 1190; 3/1096; 4/516, 1195, 1270
- Фосфолипиды** 5/273, 244, 245, 254, 269, 271, 274, 275, 308, 551, 771, 949; 1/483, 484, 1118, 1164; 2/187, 1188–1191, 1198, 1199; 3/48, 49, 51, 1186; 4/211, 249, 250, 744, 1241
- гидролиз., см. *Фосфолипиды*
- глицериды, см. *Фосфоглицериды*
- диольные, см. *Диольные липиды*
- жиров 2/303
- иммобилизованные 2/1187
- мио-инозиты, см. *Фосфоинозитиды*
- лизольные 2/1176, 1177
- мембранные 2/241, 253, 1177
- обменивающие белки 2/1187
- плазмалогены 3/1095, 1096; 1/165; 2/1188, 1189; 5/269
- растительных масел 4/379–382
- цивиттер-ионные 2/1190
- Фосфомицетин** 5/308
- «Фосфон Д»** 5/278
- Фосфопазо** 5/274; 4/397
- Фосфат-фосфатная перегруппировка** 5/274, 275, 311; 3/714
- Фосфаты** 5/275, 266, 274, 276, 296, 305, 307, 421, 606; 3/180; 4/270, 1001, 1264
- инсектициды 2/476
- кислые, см. *Алкалофосфаты*
- перфторированные 3/1164
- Фосфиновые соединения** 5/276, 7, 14, 259, 262–264, 277, 278, 283, 293, 307, 397, 825, 991; 1/1180, 1181; 2/436, 1013; 3/24, 765, 967, 1090, 1164, 1258; 4/199, 867, 1263
- Фосфинилирование** 3/124, 347
- Фосфинистые кислоты** 5/278, 261, 276, 280, 286, 287, 307; 1/2, 1113
- амиды 5/279
- соли и эфиры, см. *Фосфиниты*
- Фосфинтрихлорид** 4/1026
- Фосфиниты** 5/279, 260, 278, 307, 791; 1/360, 1113; 3/179
- Фосфония соли, см. Фосфониевые соединения**
- Фосфиновые кислоты** 5/279, 278, 280, 286, 287, 295, 308; 2/811; 3/347, 511, 512, 714, 715
- галогенангидриды 1/963; 5/307, 312
- соли и эфиры, см. *Фосфиниты*
- тиоэтерные 2/470, 473
- Фосфолипиды** 2/1189; 5/269, 274
- Фосфономинация** 5/280
- Фосфонуксусная кислота** 5/280
- Фосфоолеум** 5/299
- Фосфопантенилпротенды** 3/878
- 4'-Фосфопантенин** 3/878–880
- Фосфопантенин-трансфераза** 3/878
- 4'-Фосфопантениновая кислота** 3/879
- Фосфопептиды** 3/930
- 3-Фосфопирриновинаградная кислота** 4/642
- Фосфопирилат-гидратаза** 5/953
- Фосфопротенды** 1/470, 1012; 5/715
- Фосфор** 5/280, 54, 55, 936, 938; 1/191, 1021; 2/789; 3/576; 4/605
- белый 1/31, 965; 2/118, 240, 310, 767, 873; 3/111, 575, 818; 5/14, 16, 256, 263, 277, 281–286, 289, 312, 446
- галогениды 5/285, 6–8, 13, 28, 139, 256, 266, 280, 283, 286, 294, 377, 562, 569, 792; 1/421, 432, 440, 455, 530, 605, 612, 668, 953, 964–966, 1099, 1145, 1194; 2/11, 94, 95, 173, 183, 246, 439, 454, 495, 544, 600, 645, 716, 764, 784, 811, 905, 926, 929, 930, 933, 1272; 3/103, 111, 112, 124, 253, 347, 380, 384, 385, 392, 511, 514, 515, 525, 527, 554, 565, 671, 672, 692, 702, 703, 707, 714, 1044, 1057; 4/65, 205, 257, 272, 568, 584, 585, 802, 895, 899, 925, 938, 1102, 1128, 1130, 1138, 1203–1206, 1253, 1264, 1267
- гидриды 1/829, 1079, 1080; 2/342, 454, 1205; 5/256–258, 283. См. также *Фосфин, Фосфины неорганические, Фосфористый водород*
- диоксигениды 2/769
- желтый 3/1000; 4/1264; 5/282, 284, 298
- и витамин D 1/746
- и кальций, биообмен 2/582; 3/883
- кислоты 5/286, 287, 288, 298, 307, 308; 1/1060, 1061. См. также *Фосфорилирование, индивидуальные представители и их группы*
- коричневый 5/281
- красный 1/964, 965, 1004, 1005, 1120; 2/122, 239; 3/111, 133, 818, 1035; 4/556, 1091; 5/16, 213, 263, 265, 277, 278, 281–285, 288, 289, 312, 655, 659
- нитриды 5/283
- оксиды 5/288, 5, 10, 289–292, 301–303, 367; 1/438, 898; 2/11, 12, 629, 784, 800, 801, 869, 1213, 1276; 3/104, 105, 575, 698, 707, 714, 975; 4/835, 838, 843, 1156, 1169. См. также *Дифосфора пентаоксид, Фосфорный ангидрид*
- оксигидриды 1/421, 582, 709, 710, 741, 953, 962; 2/114, 412, 419, 645, 1004, 1057, 1084, 1125, 1276; 3/111, 119, 181, 279, 515, 675, 683, 1033, 1036, 1043, 1044, 1057, 1078; 4/73, 568, 570, 899, 972, 1055, 1096, 1099, 1118, 1157, 1162, 1206, 1256, 1266, 1267; 5/6, 57, 224, 255, 285, 286, 291, 369, 376, 414, 995
- определение 1/121, 745, 1061; 2/84, 654, 710, 711, 731, 770, 1108, 1271, 1318; 3/169, 170, 1036; 4/628, 779; 5/284, 637, 781
- оранжевый 5/281
- органические соединения 5/307, 264, 265, 286, 291, 308–312, 422, 501, 502, 713, 783, 1025; 1/107, 172, 433, 1033, 1034; 2/94, 294, 470–475, 873, 926, 929–932, 1012, 1015, 1147; 3/179, 316, 646, 671, 672, 787, 914, 966, 967, 987, 1090, 1091; 4/26, 223, 227, 257, 501, 914, 1101, 1102. См. также *индивидуальные представители и их группы*
- галогенированные, см. *Галоген-тиофосфаты, Галогенфосфаты, Галогенфосфины, Галогенфосфиты*
- гетероатомные, см. *Фосфорсодержащие гетероциклы*
- илиды 1/71; 2/338, 409, 540, 633, 647, 716, 746
- карбены 2/622
- карбораны 2/650, 651
- кислоты и их производные, см. *Метафосфаты, Пирофосфаты, фосфин- и фосфонсодержащие соединения*
- ониеые, см. *Фосфониевые соединения*
- полимерные 3/419. См. также *Фосфорорганические полимеры*
- полнздрческие 2/793
- природные, см. *Аденозинфосфорные кислоты, Нуклеиновые кислоты, Нуклеотиды, Фосфолипиды*
- пятикоординатные, см. *Фосфораны*
- фосфорильные, см. *Фосфорильные соединения*
- получение 2/590; 3/412; 5/264, 280, 281, 284, 507. См. также *Апатит, Фосфориты*
- применение 2/209; 3/171–173, 484, 698; 4/103, 106, 115; 5/284, 285. См. также *Фосфорные удобрения*
- самовозгорание 2/767
- свойства 1/338, 617, 1015, 1060; 2/367, 384, 401, 432, 670, 672, 793, 924, 1088, 1172; 3/5, 15, 96, 326, 419, 421, 583, 955, 957, 958, 1001, 1069; 4/236, 318, 331, 584, 813, 984, 1022; 5/281–284, 300, 527, 761, 1024
- силициды 5/283
- сплавы 1/977; 2/260, 1153, 1243, 1331, 1332; 3/889, 890; 5/285, 895
- тиохлорид 1/961; 4/1162; 5/286
- халькогениды 1/518, 981; 2/80, 180, 381, 1084, 1135; 3/63, 112, 870, 1052, 1230; 4/618, 621, 910, 1118, 1126, 1133, 1135, 1138, 1139, 1162, 1163; 5/280, 283, 310
- цианид 5/702
- черный 5/281, 282, 283, 285
- Фосфораны** 5/292, 7, 262, 266, 293–295, 307, 308; 1/361, 963; 2/135, 630, 631, 764; 3/187
- Фосфоресцентный анализ** 2/1218
- Фосфоресценция** 2/727, 729, 1218, 1220, 1223, 1228; 4/545, 797, 875, 876; 5/350, 351, 357, 446, 885
- Фосфорбозиламинномидазол-синтаза** 2/1170
- 5-Фосфорбозил-1-пирофосфат** 1/1132
- 5-Фосфорбозил-5-фосфат** 3/813
- Фосфорбулозолимераз** 3/918
- Фосфорил** 1/1113; 3/577; 5/262. См. также *Фосфорильные соединения*
- Фосфориллазы** 1/40, 130, 1126, 1131; 2/578, 989, 1242
- Н-Фосфорилидазиринды** 2/68
- Фосфорилирование** 5/295, 242, 296, 305, 306, 309; 1/558, 1143; 2/365, 395, 412, 415, 474, 696, 701; 3/111, 595, 624, 625, 669, 1077; 4/1192. См. также *Фосфорильные соединения как модифицирование белков* 1/40, 42, 43; 3/198
- ферментов 4/430
- как полимераналогичное превращение 2/701
- окислительное, см. *Окислительные процессы*
- селективное 5/272
- фотохимическое 5/349
- Фосфорилметилфосфораны** 2/630
- Фосфорильные соединения** 1/173, 360–362; 2/414, 415, 875; 4/1161,

- 1162, 1164, 1264; 5/7, 241, 294, 295, 310–312. См. также *Гидрофосфорильные соединения*, *Фосфорилирование*
- Фосфористая кислота** 1/3, 1099, 1113; 2/73; 3/1208; 4/277; 5/265, 280, 288, 307
- амиды 5/296, 7, 297, 305
- соли, см. *Фосфиты неорганические эфиры*, см. *Фосфиты органические*
- Фосфористый водород** 2/118, 342, 454, 566; 5/256–258, 264. См. также *Фосфин*: *Фосфор, гидриды*
- Фосфористый ангидрид** 5/289
- Фосфоритная мука** 5/297, 54, 305, 306; 2/353, 589; 3/172, 629, 630, 789; 4/941
- Фосфориты** 5/297, 205, 250, 281, 284, 298, 301, 306, 386, 756; 1/467, 1021, 1174; 2/352, 498, 578, 589, 590, 869, 937, 1031; 3/564, 629, 630, 724, 863, 1001, 1193; 4/350
- Фосфорная кислота** 5/298, 307. См. также *Фосфор, кислоты*
- амиды) 5/304, 305, 421; 2/412; 4/683
- ангидрид, см. *Фосфор, оксиды*; *Фосфорный ангидрид*
- аммонизация 2/290
- и сопряженное основание 2/782
- как метаболит, см. *Обмен веществ*
- коррозионная активность 2/948
- получение 2/475, 590, 655, 784, 1003, 1170; 3/176, 629, 630, 863; 5/25, 267, 292, 300–304
- применение 1/19, 871; 2/211, 270, 801; 5/304. См. также *Фосфатирование*, *Фосфорилирование*
- свойства 1/42, 470, 561, 609, 751, 901, 1060, 1136, 1137, 1143, 1144, 1161, 1208, 1211; 2/20, 84, 94, 141, 204, 205, 214, 252, 363, 364, 559, 629, 697; 3/114, 119, 198, 282, 294, 482, 504, 515, 520, 560, 879, 919, 920, 1251; 4/277, 350, 519, 525, 720, 803, 838, 941, 943, 1096, 1173, 1238, 1241, 1242; 5/136, 217, 273, 274, 282, 286–288, 298–300, 367, 372, 562, 567, 733, 746, 755, 862, 962, 977, 982, 988, 989
- соли, см. *Фосфаты конденсированные*, *Фосфаты неорганические*
- термическая 2/84, 938; 4/166; 5/284, 300, 301, 306
- экстракционная 2/84, 869, 937; 4/166; 5/77, 289, 300–302
- эфиры 1/1068, 1097, 1154; 2/470–472, 1015; 3/111, 558, 1166, 1234; 4/698; 5/242, 253, 375, 696, 995, 1012. См. также *Фосфаты органические*
- Фосфорноватая кислота** 5/286–288
- Фосфорноватистая кислота** 1/3, 1113; 2/549; 4/1021, 1112, 1192; 5/261, 286–288, 307
- соли, см. *Гипофосфиты неорганические*
- эфиры, см. *Гипофосфиты органические*
- Фосфорно-вольфрамовая кислота** 3/710; 5/217, 366
- Фосфорно-молибденовая кислота** 1/362, 490; 2/1176; 3/128, 710; 5/217, 1044
- Фосфорно-молибдено-вольфрамовая кислота** 1/367; 4/713
- Фосфорные удобрения** 5/305, 285, 298, 306; 2/589, 590; 3/173, 863; 4/648
- азотсодержащие, см. *Азотно-фосфорные удобрения*
- кальцийсодержащие 1/467; 2/869, 870; 3/172, 520, 564; 5/54
- кальциевое серосодержащее 4/940–942
- мука, см. *Фосфоритная мука*
- преципитат(ы) 4/165, 166, 544, 549; 2/426, 937; 3/173, 440; 5/301, 305
- сложные, см. *Комплексные удобрения*
- фосфаты, см. *Нитрофосфаты*, *Суперфосфаты*, *Фосфаты неорганические*
- Фосфорный ангидрид** 1/299, 438, 898; 2/11, 12, 398, 774, 784, 800, 801, 869, 1226, 1276; 3/104, 105, 421, 515, 564, 575, 629, 630, 675, 698, 775, 1077; 4/272, 339, 559, 561, 616, 835, 843; 5/5, 256, 290–292, 299. См. также *Фосфор, оксиды*
- Фосфорорганические полимеры** 5/306, 307; 4/1102. См. также *Нуклеиновые кислоты*, *Тейхоевые кислоты*
- комплексные, см. *Координационные полимеры*
- поллинтрилы, см. *Полифосфазены*
- Фосфороскоп** 2/1218
- Фосфорсодержащие гетероциклы** 5/313, 264, 314
- аденозиновые, см. *Аденозинмонофосфат циклический*
- фосфоланы, см. *Дигетерофосфоланы*
- фосфоринаны, см. *Дигетерофосфоринаны*
- Фосфоры** 1/1036; 2/1225–1227. См. также *Кристаллофосфоры*
- Фосфосерин** 1/1012; 5/244
- Фосфосфинголипиды** 5/314, 273, 315; 2/1189, 1190; 4/968. См. также *Сфинголипиды*
- Фосфотрансацетилаза** 3/880; 5/243
- Фосфотрансферазы** 2/968; 4/1242; 5/296
- Фосфотриэфиры** синтез нуклеиновых кислот 3/591
- Фосфотермические реакции** 5/308
- Фосфофруктокиназа** 1/1135
- Фосфофлорирование** 3/1264
- Фосфохолин** 4/968; 5/245, 591
- Фосфэстрола** 4/236
- Фосфэтанол** 5/246
- Фотоадсорбция** 5/332
- Фотоактивированный катализ** 5/332
- Фотоаппарат** 5/360
- Фотоавтоматизация** 5/332, 354, 355
- Фотогалогенирование** 1/1162
- «Фотоген»** 2/737
- Фотогидрирование** 5/332
- Фотографические материалы** 5/315, 64, 316–323, 329, 340, 341, 453–455, 631, 665, 666, 996; 2/139, 731; 4/291, 292. См. также *Фотография*
- галогеносеребряные, см. *Галогеносеребряные фотоматериалы*, *Серебряная фотография*
- дозиметрические 2/221
- десенсибилизация 2/37, 180; 4/626; 5/456
- дублирование 2/232, 233; 5/182, 322, 453
- несеребряные, см. *Несеребряная фотография*, *Репрография*
- обработка, см. *Фотографическое изображение*, *Химико-фотографическая обработка фотоматериалов*
- сенсбилизация, см. *Сенсибилизация фотографических материалов*
- ядерные 4/325
- Фотографические эмульсии** 5/321, 322, 323, 325, 326, 330, 1016; 1/952; 2/85, 233, 234, 536, 555, 565; 3/132, 256, 675, 1230; 4/326, 922
- Фотографическое изображение** везикулярный процесс 4/501, 507, 509; 5/245
- вирирование 2/555, 556; 5/455, 456
- латентификация 5/456
- обращение 5/456, 457
- ослабление 5/454, 455
- проявление, см. *Проявительные методы в фотографии*
- солирование 5/457
- тирирование 5/455, 456
- усиление 5/454
- фиксирование, см. *Фиксажи*, *Фиксирование фотографического изображения*
- чернение 5/457
- Фотография**
- галогеносеребряная, см. *Галогеносеребряные фотоматериалы*
- диффузионная 4/501, 504, 505, 509
- дублирование 2/232, 233; 5/182, 322, 453
- изображение, см. *Фотографическое изображение*
- материалы, см. *Фотографические материалы*
- несеребряная, см. *Несеребряная фотография*, *Репрография*
- серебряная 5/326–331, 339, 452–457. См. также *Галогеносеребряные фотоматериалы*, *Фотография черно-белая*
- фототермопластическая 4/501, 503, 504, 509
- фотохромная 4/501, 504
- цветная 5/323, 315–322, 324–326, 452–457, 520, 531; 1/86–88; 2/79, 455; 3/1035, 1036; 4/253, 626
- черно-белая 5/326, 327–331, 452–457; 4/252, 625, 626
- Фотогидрирование** 5/332
- Фотодеструкция полимеров** 2/38–40, 704; 3/1010; 4/590, 822; 5/337, 358
- Фотодимеризация** 1/375; 2/52; 4/1217, 1218; 5/332, 355, 360, 738, 811
- Фотодиспропорционирование** 5/332, 354, 356
- Фотодиссоциация** 1/767; 2/158, 728, 810, 811, 1119, 1122, 1123; 3/141, 189–191; 4/309; 5/331, 338, 339, 351–353, 356
- Фотонизация** 1/70, 375, 960; 2/65; 3/189; 4/799; 5/332, 351, 353, 354, 358, 359
- Фотондуплирование** процессы 5/332, 333, 351
- Фотонициаторы** 4/92
- Фотонионизация** 5/331, 338, 350, 354, 355; 1/895, 896; 2/43, 44, 728, 1311; 4/152, 693
- двухквантовая 2/4, 5
- диссоциативная 2/529
- и лазерная спектроскопия 2/1120, 1121
- и разделение изотопов 3/190
- многофотонная 3/189–191
- Фотокатализ** 5/332, 333, 385. См. также *Фотосинтез*
- Фотокаталитический анализ** 1/890–892, 915, 916; 4/36, 633, 975; 5/334, 335
- Фотокондуктография** 4/503
- Фотолит** 5/333, 9, 337, 721, 745; 1/1070; 2/65, 68, 69, 73, 74, 104, 898; 4/67, 301, 1124. См. также *Фотохимические реакции*
- и термофотохромизм 5/360
- импульсный 2/431, 623; 3/141, 143; 4/301, 304, 462; 5/333, 358
- катализический 2/623
- парофазный 3/532, 533
- по Майзехаймеру 2/1251
- по Пшорру 4/279
- полимеров 2/39, 40; 3/1010
- радикальный 2/526; 4/552
- растворов электролитов 5/363
- родопсин 4/537, 538
- флеш-метод 3/507
- Фотолитография** 5/333, 334, 340, 341, 916, 917; 3/1103–1105
- Фотолуминесценция** 2/220, 291, 1062, 1218–1226, 1228; 3/636, 777; 5/446
- Фотолуминофоры** 2/1225, 1226, 1228
- Фотоматериалы** 5/315
- Фотометрический анализ** 5/334, 19, 77, 118, 128, 173, 274, 284, 335, 379, 431, 498, 610, 619, 637, 652, 723, 750, 867, 1057; 1/139; 2/916, 1010, 1108, 1202; 3/8, 62, 161, 220, 272, 290, 349, 365, 366, 433, 475, 561, 690, 713, 714, 1036, 1044, 1058; 4/396, 397, 436, 530, 531, 550, 555, 569, 648, 936, 945, 972, 1126, 1142, 1187, 1202, 1221
- визуальный, см. *Колориметрический анализ*
- и спектры поглощения, см. *Спектрофотометрия*
- Фотополнометрия** 1/890–892, 915, 916; 4/36, 633, 975; 5/334, 335
- экстракционный, см. *Экстракционный анализ*
- Фотометрия**. См. также *Фотометрический анализ*
- абсорбционная, см. *Атомно-абсорбционный анализ*
- визуальная, см. *Колориметрический анализ*
- клетки 5/769
- пламени эмиссионная 5/335, 64, 656, 665; 1/916; 2/562, 1202, 1235; 4/436, 557, 777, 876, 975
- приборы 2/44; 4/326, 627
- термическая 5/335
- флуоресцентная, см. *Атомно-флуоресцентный анализ*
- Фотонитрозирование** 2/616; 3/535; 5/358
- Фотон-корреляционная спектроскопия** 3/163
- Фотон-нейтронный анализ** 5/335, 336; 1/121
- Фотон** 1/406; 2/216, 217, 220, 499–502, 1218–1220; 3/296–298, 301, 429; 4/288, 289; 5/444, 445, 930–932
- Фотоокисление** 5/336, 332, 337, 354–356; 2/135; 3/297, 1041
- и электронный перенос, см. *Фотоперенос электронов*
- полимеров, см. *Фотодеструкция полимеров*
- Фотосаждение** 5/333, 503
- Фотоперенос**
- протонов 5/337, 338; 4/309
- электронов 5/338, 339, 342, 345–347, 354, 355; 4/309
- Фотополнометрический анализ** 5/339, 332, 340, 356, 358; 1/494; 3/181, 745, 1266; 4/305, 841, 1218
- Фотопроводники** 3/1226; 4/604
- Фотопровителли**, см. *Проявительные методы в фотографии*
- Фоторегуляторы роста растений** 2/280
- Фоторезисты** 5/340, 138, 333, 334, 341, 358; 2/73; 3/1105; 4/604, 619, 785, 951
- Фоторепарация ДНК** 4/492
- Фотородопсин** 4/537
- Фотосенсибилизирующие средства** 5/341, 337, 339, 342; 2/1087
- Фотосинтез** 5/342, 44, 142, 162, 333, 343–350, 358, 756; 1/399, 553, 557, 558, 1147; 2/183, 431, 526, 633, 658, 766, 963, 975; 3/270, 430, 665, 788, 918; 4/551, 581. См. также *Фотокатализ*, *Хлорофиллы*
- анаэробный 5/296
- ассимиляция CO₂, см. *Углероды диоксид*
- бактерии, см. *Микроорганизмы*
- и накопление кислорода 1/553
- и обмен веществ 1/561; 3/612, 614–616, 623–625

- ингибиторы 1/193, 1026, 1027, 1029, 1030, 1032, 1033
окисление – восстановление, см. *Фотоокисление*
окиселания 4/149
перенос частиц, см. *Фотоперенос*
продукты, см. *Углеводы*
Фотосинтез 4/706, 707
Фотостарение полимеров 4/80, 81, 822
Фототавомерия 5/359, 360
Фототермография 4/508
Фототермопластическая фотография 4/501, 503, 504, 509
Фототок 5/362, 363
Фототрофы 3/624
Фотопругость 4/125
Фотопорез 1/448
Фототрофия 4/149
Фотохемилюминесценция 5/446
Фотохимические реакции 5/350, 351–356, 732; 1/133, 134, 198, 313, 360, 375, 464, 512, 518, 530, 599, 786, 787; 2/221, 275, 360, 381, 431, 438, 741, 795; 3/296, 297, 301, 1049; 4/77. См. также *Фотолит*, *Фотосинтез*, *Фотомеханика*
абсолютный асимметрический синтез 1/392, 393
Бартона 1/464, 465; 3/518, 535
бимолекулярные 5/337
внутримолекулярные 4/589; 5/733
восстановление 5/332, 354, 355
галогенирование 1/1162; 2/187, 769; 3/557; 5/12, 13, 548, 552, 566
гетеролитические 5/353
гомолитические 5/353, 355, 356
двухквантовые 2/4, 5, 728; 3/189; 5/357
дегидрирование 5/332
декарбонилирование 3/347
деструкция, см. *Фотодеструкция полимеров*
димеризация, см. *Фотодимеризация*
диспропорционирование 5/332, 354, 356
дисротаторные 1/842, 843
диссоциация, см. *Фотодиссоциация*
замещение 3/737; 5/339
и ионизация, см. *Фотоионизация*
и эксимеры 5/811
и эффект клетки 2/810
изомеризация, см. *Фотоиомеризация*
иницирование 2/466
катализ, см. *Фотокатализ*
лазерные 2/5, 1122, 1123
Мак-Лафферти 5/364
межмолекулярные 5/338, 733
многофотонные 3/191; 5/357
нитрозирование 2/615; 3/535; 5/358
Норриша 5/356, 364
одноквантовые 2/4
окисление, см. *Фотоокисление*
Ортона 3/815
осаждение 5/333, 503
Патерно – Бюхи 3/891, 892; 5/738
перенос частиц, см. *Фотоперенос*
перициклические 3/964
полимеризация, см. *Фотополимеризация*
присоединение 4/907; 5/332, 355, 356, 534
радикальные 2/464, 466; 5/355, 356
разделение изотопов 2/389, 394
Раймера–Тнмана 4/340
расщепление 2/410
с участием нонов 2/531
световые 5/344–347, 349
согласованные 4/744; 5/737
старение полимеров 4/80, 81, 822
стереоспецифические 5/737
таутомеризация 5/359, 360
темновые 4/817; 5/332, 336, 341, 344, 347–349, 362, 363
фосфорилирование 5/349
фотохромные 5/358–360
фрагментация 5/353, 356, 364
Фриса 5/372
хелотропные 5/442
цепные 3/181; 5/339, 340, 355, 682
циклизация 4/417
циклоприсоединение 2/746; 3/685, 891; 4/208, 1218; 5/733, 737, 738
электродные, см. *Фотоэлектроды*
электроциклические 5/928
Фотохимический смог 3/975, 978, 979
Фотохимического последствия метод 5/356
Фотохимия 5/356, 177, 357, 358, 509; 1/133; 2/5, 728, 753; 3/143. См. также *Фотоэлектроды*
Фотохромизм 5/358, 359, 360; 1/524; 2/174; 3/132, 551, 675, 775; 4/501, 504, 800, 836
Фотоэлектреты 4/503; 5/836
Фотоэлектроды 3/696; 4/558; 5/363
Фотоэлектролиз 5/363
Фотоэлектронная спектроскопия 5/360, 331, 361, 362, 868; 2/727, 905; 3/209, 230, 430; 4/152, 750, 813
рентгеновая 4/481, 470, 482, 483; 3/209, 229–231, 431
Фотоэлектроны 2/37; 3/97; 4/481–483; 5/331, 360–362
Фотоэлектроприборы
дымные извещатели 4/667
колориметры 3/440
пирометры 3/1071
пылемеры 4/280, 281
Фотоэлектроды 5/362, 363, 924, 925. См. также *Фотохимия*
Фотоэлементы 1/134; 2/554
Фотоэмульсионные микрокристаллы 5/321–323
Фотоэффект 1/978; 2/500, 501; 4/481–483; 5/932
Фотоядерные реакции 5/1023
Фотозагит 2/588
Фотозагит (фотозагит) 4/679
ФП, см. *Фенопласты*
Фрагментация реакций 5/364, 353, 356, 365; 1/469; 2/525, 1122, 1316; 3/896; 4/313, 416, 1247. См. также *Распад*, *Расщепление*, *Элиминирование реакции*
Фрактальные агрегаты 4/885
Фракционные процессы
десублимация 2/1045
дистилляция 2/159, 164–169, 893, 1004
и коацервация 2/818, 819
конденсация 2/893, 890, 894, 895; 1/904; 4/714
кристаллизация 2/752, 1040–1043, 1045; 3/93, 117, 1094; 4/556, 762; 5/655
плавление 2/1044; 4/891
сублимация 2/1044, 1045; 4/891, 892
Фракционный состав
нефтей и нефтепродуктов 3/446, 454, 456–461
полимеров 3/221
сыпучих материалов 4/709, 710. См. также *Грохочение*, *Классификация*
Фрамбинон 2/743
Франгуляни 3/923
Франгулазодин 4/720, 721
Франка–Кондона принцип 1/792; 2/528, 1221, 1310; 5/351
Франкисонит 1/462
Франк–Каменецкого критерий 1/829
Франклина теория 2/778
Франклина теория 5/746, 788
Франций 5/366, 335, 797, 798, 935; 3/957, 959; 4/323–325
Франшимона проба 3/503
Фрейбольдт 2/820
Фреймы, см. *Искусственный интеллект*
Фрейнда оксикислота 3/386
Фрейндлиха уравнение 1/56; 2/692; 5/448
Фреия соль 3/543, 544, 706, 707, 825, 952; 4/301; 5/534, 535
Френаль 5/366
Френеля
линзы 4/837
уравнение 4/781
Френкеля дефекты 2/50, 51
Френозин 5/693
Френолон 3/1029
Фреоны 1/400, 760; 2/561; 3/112, 125, 657; 5/547–551. См. также *Хладоны*
Фретрикса метод 4/911
Фреттинг–коррозия 5/366, 367; 2/947, 951, 952, 956; 4/1257
3β-Фриделанол 3/939, 940
Фриделя–Крафуса реакция 5/367, 6, 8, 21, 34, 116, 131, 142, 238, 240, 241, 312, 368, 369, 372, 561, 580, 636, 765, 776, 905, 907, 1058, 1059; 1/158, 159, 351, 373, 435, 441, 442, 504, 508, 582, 709, 942, 945, 947, 965, 1160; 2/90, 97, 105, 171, 314, 376, 403, 618, 620, 648, 747, 889, 1249; 3/26, 58, 91, 103, 113, 372, 576, 526, 689, 709, 738, 791, 936, 1057, 1078, 1212; 4/66, 75, 209, 804, 916, 934, 937, 1134, 1165, 1168
Фриделя–Крафуса–Каррера реакция 5/369
Фриделандера синтез 5/369, 370, 526
Фридмана модель 4/375
Фрикционные материалы 5/370, 138, 371; 1/1191; 2/221, 706, 737; 3/418, 1127; 4/141, 172, 809
Фриполимер 2/619, 620
Фриса перегруппировка 5/372, 21, 369, 905; 3/689, 1212; 4/589
Фритта 1/1125; 2/800
Фрина–Буттенберга–Вихеля реакция 5/372, 373; 2/182
Фроловит 2/583
Фронт
горения 1/1166–1171
ударной волны 2/46, 47; 5/52
Фронтальные методы
хроматография 2/295, 296; 3/566; 5/621
электромиграция 5/863, 866, 867
Фруда число 1/1106; 2/1301; 3/1183
Фруктаны 5/373, 374, 375
Фруктовые продукты
сахар 1/195; 5/375
эссенции 2/237, 359, 616, 743
Фруктоза 5/375, 37, 153, 373, 374; 1/202, 1006, 1132, 1136, 1147; 2/465, 747, 1211; 3/157, 264, 269–271, 656, 748; 4/581
Фруктозо-1,6-дифосфат 1/202, 1135, 1156; 3/625, 918, 919
Фруктозо-1,6-дифосфатаза 5/162
Фруктозо-1,6-дифосфатальдозаза 2/395
Фруктозо-бис-фосфатаза 1/1156; 3/918; 5/242
Фруктозо-бис-фосфатальдозаза 1/202
Фруктозо-1(6)-фосфаты 1/202, 1136, 1156; 2/364, 1211; 3/615, 616, 918–920
β, D-Фруктопираноза 3/265; 5/375
β, D-Фруктофураноза 3/265; 5/374, 375
β-Фруктофуранозиды 4/582
D-Фруктуронат 3/615, 616
Фрумкина
теория 5/926
уравнение 3/1159; 5/845
Фрумкина–Лерягина теория 4/729
Фрумкина–Мелик-Гайказияна схема 5/919
Фрумкина–Фольмера уравнение 3/1171
ФСГ, гормон 5/217
Фтазин 4/901, 902
Фталазин 5/375, 376; 1/76, 520, 521; 3/1164; 4/774
Фталазол 4/901, 902, 1118
Фталаминавая кислота 1/348; 5/377, 378, 380, 572, 730, 1001
Фталевая кислота 5/376, 73, 377, 378, 380, 381; 1/375, 513, 585, 951; 2/107, 108, 397, 438, 439, 1093; 3/282, 372, 389, 822, 1029; 4/54, 396, 397, 538. См. также *Фталевые кислоты*
ангидрид, см. *Фталевый ангидрид*
имид, см. *Фталимид*
соли и эфиры, см. *Фталаты*
Фталевые кислоты 5/377, 381, 383; 3/1213, 1214
o-изомер, см. *Фталевая кислота*
m-изомер, см. *Изофталевая кислота*
p-изомер, см. *Терефталевая кислота*
Фталевый альдегид 1/252, 476, 1149; 5/132
Фталевый ангидрид 5/377
получение 2/26, 672, 846, 847, 1053, 1272–1274; 4/549, 892; 5/378, 379
свойства 1/150–153, 155, 254, 348, 350, 520, 521, 847, 945; 1/115; 2/92, 122, 140, 215, 439, 656, 1082, 1083, 1092; 3/280, 372, 373, 383, 389, 390, 450, 690, 705, 796, 953, 966, 1056, 1057, 1201; 4/51, 265, 448, 1055; 5/73, 140, 212, 376, 381, 382, 385, 390, 521, 535, 536, 759, 773, 964
Фталевый тиоангидрид 1/528
Фталены 1/368; 2/1082, 1083; 5/379, 380. См. также *Фенолфталеин*
Фталесконы 5/379
ксиленовый оранжевый 2/1090, 451, 553, 1091; 1/736, 1039; 4/397, 435, 936; 5/379, 750
метилтиоловый синий 3/124; 2/451; 4/936
Фталнд 5/379, 377, 378, 380, 572; 4/538
Фталидендиэтилмалонат 2/439
Фталидизохинолины 2/398, 399; 4/398
N-Фталил-β-аланин 2/655
Фталимид(ы) 5/380, 377, 378, 381, 384, 536; 1/348, 874, 952; 2/111, 416, 417, 1125; 3/280, 383, 673; 4/1166
Фталимидин 5/380, 381
2-Фталимидоацетамидо-5-нитробензофенон 3/501
Фталимидомалонный эфир 1/874; 5/768
Фталимидоуксусная кислота 3/501
Фталогены 5/385
Фталонитрилы 5/381, 378, 382, 385, 2/1253; 3/673
Фталонилкарбонаты 4/73
Фталонилкарбонаты 4/73; 5/377, 380
Фталонилкарбонаты 1/240, 352, 944, 4/73; 5/535
1,2-Фталонитрил 5/381
Фталоновая кислота 3/547; 4/1101
Фталофенон 5/380
Фталофос 2/471
Фталонитриловых красители 5/382, 381, 383, 385, 441, 700; 2/360, 976–978, 981, 990, 993, 994, 996, 997, 1253; 3/1013, 1016, 1079, 1270; 4/51
активные 1/128
голубые 2/330, 1003; 4/673; 5/382, 385

- зеленые 2/997, 1003; 4/673; 5/382, 384, 385
кислотные 3/25
макротетрациклические 2/1253
медьсодержащие 1/78; 2/1228; 5/382, 383
образуемые на волокне, см. *Фталоцианогены*
полимерные 3/1270
прямые 4/255; 5/382
растворимые, см. *Цианалы*
Фталоцианины 5/383, 378, 382, 384, 385; 1/78, 884; 2/961, 1228; 3/1016, 1238; 4/588, 628, 892, 1007
Фталоцианогены 5/385, 383; 2/975, 978
Фтивазид 5/386, 973; 1/681, 988; 2/371, 1161
Фтор 5/386, 938; 1/768, 770
азид 1/93, 97
бораты, см. *Фторобораты*
жидкий 4/342, 343
карбонаты 4/434
металлаты 1/219, 950, 980, 1040–1042; 2/572, 1088; 3/246, 307, 368, 424, 489, 493–495, 775, 872, 1128; 4/436, 835, 948, 982, 985, 1019, 1020, 1175, 1176; 5/82, 390, 391, 393, 612, 763–765
нитрат 3/529
определение 1/121, 139, 894; 2/522, 654, 710, 711, 770, 973; 3/1056; 4/1086; 5/388, 389
перхлорат 3/989
получение 1/1022, 1114; 2/769, 1039; 3/414; 5/388, 854, 922
применение 2/1035, 1125–1128; 3/161, 662; 4/106, 1086; 5/389.
См. также *Фторирование*
свойства 1/412, 969, 970, 1015, 1020, 1184; 2/25, 189, 282, 504, 505, 769, 782, 883, 912, 1181; 3/32, 88, 238, 346, 414, 575, 602, 603, 955, 957, 958; 4/706–708, 813, 818, 820, 1215; 5/16, 386–388, 393, 446, 463, 543, 545, 553, 608, 896, 936, 1024
силикаты, см. *Фторосиликаты*
соединения. См. также индивидуальные представители и их группы
– межгалогенные 3/11, 12; 4/559.
См. также *Галогенфториды*
– номенклатура 3/573
– органические 5/403, 387, 388, 399, 404, 405, 781, 1025; 3/569
– алканы, см. *Фторуглеводороды*, *Фторуглероды*
– алкены, см. *Фторолефины*
– включения, см. *Графит, соединения*
– гипохлориты, см. *Фторноватистая кислота, эфиры*
– карбены 1/993
– карбонильные 4/804; 5/405
– каучуки, см. *Фторкаучуки*
– ПАВ, см. *Фторированные поверхностно-активные вещества*
– полимерные, см. *Фторолокна*, *Фторопласты*
– спирты 4/804
– сульфаты, см. *Фторсульфоновая кислота, эфиры*
– хладагенты, см. *Хладоны*
– эксимеры 2/1037
– эфиры, см. *Эфиры сложные*
– с водородом, см. *Фтористоводородная кислота, Фтористый водород*
– с другими элементами, см. *Фториды*
«сплавы» 5/503, 516
токсичность 3/1194
фосфаты, см. *Фторофосфаты*
хлорат 3/989; 4/343
Фторакрилатные каучуки 5/398
Фторалкилидины 3/989
Фторалкилперхлораты 3/989
Фторалкоксилрование 5/392, 399
Фторалкоксифосфазеновые каучуки 5/398
Фторамины 1/97, 1184
Фторамфиболы 4/681
Фторангидриды 2/641; 3/984
Фторапатит 1/358, 359; 5/298
бис-(Фторарил)лантаноиды 2/1148
Фторафур 1/1129; 3/1051; 4/235
Фторашетамид 5/410
Фторашетаты 5/410
Фторашетилен 2/713
Фторашетил-кофермент А 5/410
Фторбензол 1/66; 2/1089; 4/61, 419; 5/108, 406, 736
Фторволокна 5/389, 22, 390, 406; 1/802; 4/1082
Фторгалогенметаны 1/993; 4/195; 5/549, 550, 776
Фтор-2-дезоксидеоксиридин-5-монофосфат 5/411
3-Фтор-3Н-диазирин 2/69
Фторидиризация 2/192
Фторидирирование 5/399
1-Фтор-2,4-динитробензол 3/521
Фторидно-бензоатный качественный анализ 2/710
Фториды 5/390, 162, 207, 387, 391, 438, 719; 1/618, 951; 2/214, 545, 734, 735, 1031, 1123; 3/88–91, 124, 165, 166, 169, 170, 414, 575, 662, 774–776, 872, 974, 1101; 4/813, 1006. См. также *Галогениды*, *Фторирование*
галогенированные, см. Галогенфториды, *Межгалогенные соединения*
гидрированные, см. Гидрофториды
Фторин 5/389
Фторирование 5/391, 9, 387, 388, 392, 393, 548; 1/954, 993, 1184; 3/346, 421; 4/81, 938–940, 947
воды 3/161, 368
катализическое 3/478; 4/543, 544
низкотемпературное 2/1033
цепное 5/690
электрохимическое, см. *Электрогалогенирование*
Фторированные поверхностно-активные вещества 5/393, 394, 395, 406; 3/980, 981
Фтористоводородная кислота 5/395, 214, 390, 393, 396, 399, 408, 477, 760, 764, 781, 971; 1/539, 540, 736, 864, 875, 970, 1099, 1157; 2/103, 157, 293, 452–454, 546, 628, 664, 673, 770, 782, 784, 812, 1005, 1006, 1008, 1027, 1234, 1245; 3/99, 243, 246, 346, 368, 482, 489, 490, 492, 576, 825, 1056, 1216; 4/359, 571, 591, 597, 820, 836, 838, 943, 947, 980–985, 1173–1176, 1224. См. также *Фториды*, *Фтористый водород*
Фтористый водород 5/396, 16, 372, 387–389, 391–393, 395, 503, 548, 551, 991; 1/285, 529, 767, 782, 783, 816, 892, 894, 902, 916, 948, 950, 983, 992, 1041, 1084, 1114, 1193; 2/590, 1234; 3/18–20, 124, 368, 751, 800, 1056; 4/37, 197, 339, 559, 805
азеотроп с водой, см. *Плавикивал кислота*
бездонный 1/529, 953
водные растворы, см. *Фтористоводородная кислота*
возбужденный 2/1126, 1127
определение 1/892, 894
Фторкарбонатпатит 1/358
α-Фторкарбоновые кислоты 2/863
Фторкаучуки 5/397, 9, 398, 399, 406; 1/116, 502, 845, 847, 994, 1043, 1045; 2/705–708; 3/542, 661, 984; 4/442–445
Фторконазол 4/228, 229, 233
Фторлоны 3/1139; 5/389, 402–404. См. также *Фторопласты*
Фторметан 3/125
Форметанол 1/959
Форметилирование 5/567
9α-Фтор-16α-метилпреднизолон 2/426
2-Фторнафталин 5/736
Фторнитрозокаучуки 5/9
Фторноватистая кислота, эфиры 5/399, 387
Фторобораты 5/399, 390, 400, 401; 1/974–977
Фтороборные кислоты 3/1047; 5/141. См. также *Фторобораты*
Фтороводород, см. *Фтористый водород*
Фтороводородная кислота 5/395
Фторогерманаты 1/1040
Фторолеиновая кислота 5/1054
Фторолефины 5/401, 264, 392, 397, 402, 404, 405, 409, 548, 737; 1/714, 994; 2/192, 322, 641; 3/736, 980, 982, 989, 1262; 4/68, 69, 1103
пергалогенированные, см. *Перфторолефины*
полимеры, см. *Фторопласты*
Фторомолибденовые кислоты 3/246
Фторониобиевые кислоты 3/495, 496
Фторопласты 5/402, 396, 403–406; 1/343–345, 757, 785, 788, 858, 1111; 2/805, 807, 1182; 3/170, 802, 803, 903, 913, 984, 1119, 1120, 1125, 1136, 1140; 4/59, 449, 723, 947, 1084
лаки 5/402; 3/1140
латексы 2/1150
пленки 3/1136, 1139
Фторосиликаты 5/407, 389, 390; 2/1005, 1006, 1008, 1027, 1031
Фторотан 5/407, 408; 4/812
Фторотеллуриновые кислоты 4/1019
Фторофосфаты 5/408, 252, 253, 286
Фтороциркониевые кислоты 5/764
ω-Фторпальмитиновая кислота 5/1054
Фторпарафины 5/548
Фторсиланы 1/172; 2/1027, 1031
Фторсилоксаны 2/1031; 5/398
Фторслуды 4/681
Фторсульфаты 3/603; 5/408, 409
Фторсульфонаты 4/471
α-Фторсульфонилкарбоновые кислоты 4/896
Фторсульфоновая кислота 2/628, 770, 784; 3/346; 4/525, 923, 947
эфиры 5/408, 409; 4/931
Фторсульфурилпихохлорит 1/1121, 1122
Фторсурьмяная кислота 1/959; 2/784
Фтортелломеры 5/392
Фтортензиды 5/393–395
Фторуглеводороды 1/993, 1068; 2/823, 1243; 3/368, 938; 4/195, 1224; 5/102, 549, 550, 776. См. также *Фторуглероды*
Фторуглероды 5/409, 404, 410, 547–551; 1/1068; 2/1078; 4/69, 1114
Фторуксусная кислота 5/410, 411, 1049, 1054; 1/956
амид 2/341
натриевая соль 2/341
Фторуриацил 5/411, 229, 230, 406, 449; 4/235
Фторфеназин 3/398
Фторфенолы 5/127, 141
Фторфлогопит 4/707, 708
Фторфосфинаты 1/963
Фторфосфораны 2/812; 3/123, 124; 5/294, 295
6-Фторхинолы 4/231, 232; 5/111
Фторхлорбензолы 1/945
Фторхлорсиланы 2/1031
Фторхлоруксусная кислота, диэтил-амид 2/214
Фторциан 1/968, 969
5-Фторцитозин 4/229, 230
Фторцитрат 5/1054
Фтораластомеры 3/915; 5/397–399
Фторэтилен 1/722; 5/401
Фуберидазол 5/418
Фуброметан 5/592
Фугасное действие 1/607, 705
Фугат 5/673
Фугитивность 2/1166–1168; 5/69
Фуджабо 4/49, 50
Фузидиевая кислота 5/411, 412
Фузидин(ы) 1/321; 5/412
Фузикокуины 4/428
Фукоза 1/1138, 1139; 2/20, 21, 1162, 1163, 1228; 3/198, 748, 896; 4/190, 578, 1169; 5/37, 218, 605, 693
Фукоидин 1/193
Фукоксантин 2/656–658
Фукошербозиды 5/693
Фуксинсернистая кислота 5/413, 769, 782. См. также *Шиффа реакция*
Фукины 5/412, 413, 782; 1/367, 614; 2/976; 3/663, 785, 834; 4/230
Фукузиллактоза 3/748
Фульгеновые кислоты 5/192
Фуллерены 5/413, 43, 510; 4/586, 1214
Фуллериды 5/413
Фуллерова земля 1/525; 3/837, 838
Фульвалены 1/204; 5/415
Фульвиневые соли 5/414
Фульмены 5/413, 354, 414, 415, 734; 1/375, 377, 512, 825; 2/746
Фульвокислоты 1/1212
Фульминаты 2/466
Фумараза 2/464; 5/415
Фумарат, метаболизм 3/613, 617–620; 4/894, 1259–1261; 5/415, 1045
Фумарат-гидратата 5/415; 2/1169; 4/1261
Фумаратредуктаза 4/894
Фумараты, см. Малешинаты и фумараты
Фумарилацетоацетат, см. Фумароил-ацетоацетат
Фумаровая кислота, см. Малешиная и фумаровая кислоты
Фумаровый альдегид 4/768
Фумароиллацетоацетат 3/613, 617, 618; 4/1260
Фумароиллацетоуксусная кислота 3/613
Фумароилхлорид 2/1272
Фумаролы 5/497
Фумаролы 5/415, 416, 581, 707; 1/107; 2/202, 204, 342, 468, 470, 472, 573; 3/72, 114, 115, 405, 994; 4/696, 940
Фунгистатин 3/499
Фунгистатические средства 4/227–230
Фунгициды 3/499
Фунгициды 5/416, 417–422, 587, 588; 1/106, 107, 193, 559; 2/1080, 1274; 3/84, 388, 390, 485, 558, 563, 675, 763, 993, 994, 1239; 4/247, 554, 1149, 1151
Функциональность полимеров 5/425, 426; 1/860; 2/299, 1267; 3/742, 839, 1210, 1211
Функциональные группы 5/424, 237, 425; 2/854, 855, 872, 873, 939–942, 1266, 1267, 1270, 1271; 3/186, 205, 569, 572–574, 785, 790, 791, 793, 838–840, 931–934; 4/394, 395. См. также индивидуальные представители
анализ, см. *Структурно-групповой анализ*, *Функциональный анализ*
защита, см. *Защитные группы*
номенклатура 3/569
определение 2/770
теория запахов 2/239
Функциональный анализ 1/292, 296; 2/712; 3/794–798. См. также отдельные методы

Функция(и)

- волновые, см. *Волновые функции*
гауссовы базисные 2/1210, 1211
градуировочная 3/136, 139
кислотности 5/422, 423, 424; 2/773, 783, 784
Лоренца-Лоренца 4/514, 515
Массы 4/1072
Массы-Планка 5/955
молекулярно-массового распределения 3/220, 221
молярные смещения, см. *Растворы неэлектролитов*
Онесагера-Махлупа 4/1069
отклика, см. *Трассера метод*
параметров порядка 2/1073
Планка 4/1072; 5/955
получестн 4/484
потенциальные атом-атомные, метод 3/219, 220
- внутреннего вращения молекул 1/759-761
- поверхностные, см. *Поверхность потенциальной энергии*
Пуассона 3/1166
распределения зародышей 2/318, 319
- компонентов раствора 4/367, 376
- системы по микросостояниям 4/823-832
- частиц по временам пребывания 4/1244, 1245
релаксации 4/484
сольватации 4/365
состояния 1/681, 682
- параметры, см. *Параметры состояния*, *Парциальные молярные величины*
- термодинамические избыточные 4/365, 369
- потенциалы, см. *Гельмгольца энергия*, *Гиббса энергия*, *Термодинамические потенциалы*
- характеристические 4/1072
спиновые 4/787
электронной плотности 3/236; 5/875
Фуосса-Онесагера уравнение 5/900
Фурагин 4/232
Фуранион 5/426, 429; 1/1068
Фуразан 5/426
3,4-дикарбоновая кислота 5/427
N-оксид, см. *Фуросан*
Фуразолидин 3/558
Фуразолидон 4/232, 233
Фурамыны 3/694
Фуран(ы) 5/428, 108, 367, 429, 434, 785, 1042; 1/199, 264, 376, 377, 423, 598, 709, 981, 983, 1061, 1083, 1147, 1158; 2/28, 106, 314, 670, 1327; 3/285, 678, 679, 870, 1030, 1079; 4/719, 803, 917, 926, 1026, 1096, 1158. См. также *Тетрагидрофуран*
мастики 2/1319
смолы 5/429, 134, 430, 431, 434; 3/1264, 1265; 4/1013
2,5-Фурандион 2/1272-1274
2-Фуранкарбальдегид 5/433-435
2-Фуранкарбоновая кислота 5/428, 429, 434
Фуранозиды 1/1127, 1128; 2/732
Фуранозы 3/746, 747; 5/37, 607, 957
Фуранохинолины 5/527-529
Фурантрил 5/433
Фурацилин 4/623; 5/434
Фурил 1/957; 5/431, 433
3-(2-Фурил)акриловая кислота 5/434
Фурилоксим 5/431; 3/703
N-(2-Фурилметил)-4-хлор-5-сульфамилантралиновая кислота 5/433
Фуриловые соединения
кислота 5/433, 434
смолы 5/429
спирт 2/1319
- 2(2-Фурил)-2-оксазолон 3/681
1,2-(2-Фурил)этандиондиоксим 3/703
2H-Фуор[2,3-h]-1-бензопиран-2-он 1/298
Фуорин 1/433
Фуорксан(ы) 5/431, 427, 432, 433; 3/539
Фуоркумарин 5/66, 341, 342
Фуорсемид 5/433, 429; 1/1119; 2/180, 181
Фуоростаны 4/577-580
Фуорохромон 4/774
Фуорфураль 5/433-435
Фуорфуриламид 5/433
Фуорфуриленацион 5/430
Фуорфуриловый спирт 3/282; 4/342, 801, 802, 1140; 5/136, 429, 430, 434
Фуорфурилофуорфураль 5/429
Фуорфурил 5/433, 134, 136, 428-430, 434, 435; 1/744, 1006, 1100-1103; 2/616, 807, 1164, 1165; 3/268, 966, 1060, 1264, 1265; 4/304, 448, 449, 611, 920, 1096, 1098
Фуорье
закон 3/947, 948; 4/1043, 1053, 1067; 5/30
интеграл 2/720
коэффициенты 4/883
преобразование 2/702; 5/435, 741, 742
ряды 1/759; 2/189, 847; 4/474, 477
спектрометрия 2/492, 493; 3/220; 5/435, 436
спектроскопия 5/435, 436, 741, 1027-1030; 1/836; 3/798; 4/780, 782, 785, 786, 795
уравнения 2/196; 3/947, 948
числа 2/1301, 1304; 3/1183, 1184
Фусы 2/592
Фуфоровые материалы 2/255, 322
Фюминирование 3/1069; 4/593
Фэбронк 5/144
Фюзен 2/596
- Хаббарда приближение 5/876
Хатгинса-Олори теория 3/827
Хайкар 1/629
Хайлар 5/389
Хайнса перегруппировка 1/222
Хайпалон 4/82, 83
Хайпреп 5/86
Хайфес 4/27
Хахомори метод 4/37
Халкограи 1/415
Халкон-изомеризация 5/202
Халкон-синтеза 5/202
Халконы 1/556, 557; 2/972; 5/201-203
Халпедон 2/1026, 1027; 3/838; 5/298
Халькантит 2/1334
Халькогенгалогениды 3/308; 4/948, 949
Халькогеннды 1/935, 1164; 2/1234; 3/165-167, 433, 435; 4/575; 5/437, 438. См. также *Оксиды*, *Селениды*, *Сульфиды неорганические*, *Теллуриды*, соединения химических элементов
полупроводники 4/107, 111, 112, 118, 547
стекла 3/774, 775; 4/105, 627, 835, 836, 843, 951
Халькогеноводороды 5/437. См. также *Вода*, *Селеноводород*, *Сероводород*, *Теллуриод*
Халькогенокислородные кислоты 5/438
Халькогены 5/437, 438, 494; 2/443, 579, 783; 3/411; 4/433. См. также *Халькогениды*
Халькозин 3/1, 2, 4, 630; 4/630
Халькокианит 2/1334
- Халькоменит 4/613, 616
Халькопирит 2/334, 443, 551; 3/1, 2, 4, 823; 4/109, 560, 562, 630, 911, 972, 1018
Халькосили 3/166
Халькофильные химические элементы 1/1015; 3/99; 5/437, 438
Хальнеоны 3/435
Хамзулен 1/104
Хана правило 4/762
Ханларит 3/838
Ханоклавин-1 5/967, 968
Халлофитин 2/458
Характеристические группы 3/569, 572-574; 5/425
Характеристические функции 1/873; 2/1265; 4/1072
Хараша реакция 1/1203. См. также *Караша реакция*
Харвейд 2/53
Хартли-Робинсона модели 3/228
Хартри-Фока метод 3/233-236, 391, 893; 4/576, 691, 790
Хасса реакция 2/900
Хастелло 2/949; 3/482
Хастирен 4/40, 41
Хасубанонин 3/274-276
Хатимин 4/609
Хаульмугровая кислота 1/143
Хафнера реакция 1/312
Хапоулоса-Кинана-Хейвуда закон 3/936
Хвойные масла 5/438; 2/598, 600, 1166
еловое 5/438
кедровое 3/302; 4/377-380
кипарисовое 2/598
пихтовое, см. *Пихтовые продукты*
сосновое 2/1165; 3/1027; 4/715, 771, 1091; 5/138, 208, 438
Хвосты 2/348, 349; 3/629, 631, 632, 636, 637; 4/556; 5/210, 211
Хейвег 5/144
Хей-жекс 4/80-82
Хека реакция 5/438, 439, 440; 2/313
Хелазолит 2/1097
Хелантены 2/1095
Хелатные соединения, см. *Хелаты*
Хелатный эффект 2/931, 932; 5/441
Хелатогены, см. *Хелатообразующие соединения*
Хелатометрия, см. *Комплексометрия*
Хелатоны 5/987, 988
Хелатообразующие соединения. См. также *Хелаты*
ионообменные смолы 5/440; 1/289; 2/521; 4/612
реагенты 1/201, 269, 989, 990, 1098; 2/212, 294, 579, 830, 926; 3/924, 1238; 5/440, 825, 828. См. также *Комплексоны*
Хелаты 5/440, 441, 442, 987, 988; 1/170, 266, 991; 2/1172; 3/72, 350, 688, 807; 4/122
биомембран 3/48
внутрикомплексные 1/557; 2/105, 176; 3/62, 63, 713, 1056. См. также *Ацетилацетонаты*
дыхательные белки, см. *Гемоглобины*
индикаторы 2/451, 452. См. также *Люминесцентные индикаторы*
как катализаторы 4/54
как сиккативы 4/669
кобальмины, см. *Витамин В12*
макропигменты, см. *Хлорофиллы*
металлосодержащие 2/451, 452, 579, 830, 870-873, 1083, 1203; 3/251, 285, 875, 1104, 1194; 5/547. См. также *Р-Дикетонаты металлов*
полимерные, см. *Координационные полимеры*
устойчивость 2/931; 5/441
хитина 5/547
- Хелвик 3/1232-1235
Хелетрин 4/231
Хелетронные реакции 5/442, 365, 443; 4/344
Хелидоновая кислота 3/1074
Хеллиэрт 3/480
Хелля-Фольхарда-Зеллинского реакция 1/1004, 1005
Хемиллюминесцентный анализ 1/889, 890, 916; 2/1216, 1218, 1219, 1224, 1230; 4/397
Хемиллюминесценция 5/445, 376, 796; 2/45, 124, 135, 291, 1220, 1224, 1230, 1239; 3/653; 4/1075
анализ, см. *Хемиллюминесцентный анализ*
и поверхностно-активные вещества 2/1218
и реакция Радзишевского 4/287
и хемосорбция 5/446
источники 5/444
кинетический метод 5/445
пероксидно-оксалатная 5/444
Хемисмотическая теория 1/560, 561; 3/669
Хемлон 3/1201
Хеммигум 1/629; 5/86
Хемолазерная длина цепи 2/1123, 1125-1127
Хемоанотрофы 3/624
Хемосаждение 1/775, 790; 2/1130
Хемосорбирующие волокна 5/447
Хемосорбция 5/448, 178, 447, 449; 1/60; 2/323; 4/770
волоками, см. *Хемосорбирующие волокна*
газов 1/4-14, 901, 904, 905
диссоциативная 4/786; 5/683
и катализ гетерогенный 1/1052, 1053, 1056
- - электрохимический 5/846, 847
и модифицирование электродов 5/842
и спилловер 4/786
и флотация 2/53
и хемиллюминесценция 5/446
как метод концентрирования 2/916
катализаторов ядов 5/1046
квасимоногенное приближение 2/1258
механическая 3/147
Хемостерилизаторы 5/449, 305, 1014; 3/994
Хемостерилианты 5/449
Хемотроны 5/913-915, 924, 925
Хемотрофы 3/624
Хемозлектреты 5/836
Хенкеля реакция 2/396
Хенодезоксиклевая кислота 2/278
Хеноподиевое масло 3/975
Хербста-Энгеля реакция 3/937, 938
Хеурса формулы, см. *Хеурса формулы*
Хеффнера эффект 5/897
Хейна реакция 5/449, 172, 450; 1/201; 2/419, 421; 3/513, 682
Хизлвудит 3/486
Хилберта-Джонсона реакция 5/450, 451
Хилберта-Джонсона-Риста реакция 5/450, 451
Хилла-Бура уравнение 1/57
Хиломикроны 1/483; 2/1198, 1199
Хильгардит 1/587
Химерные токсаны 4/1196
Химерлы 2/281
Химиатрия 3/412
Химизация 5/469, 513
Химико-термическая обработка 5/451, 452, 913; 2/250, 251, 259, 478, 1154
3/94, 249, 1000, 1001; 4/808. См. также *Цементация*, *Цинирование*

X

- Химико-технологические системы 5/452, 471, 472, 804–811; 1/24, 25, 1196, 1197; 2/747–750; 3/769–772
- Химико-фотографическая обработка фотоматериалов 5/452, 325, 327, 453–457
- проявление, см. *Проявительные методы в фотографии*
- фиксирование, см. *Фиксирование фотографического изображения*
- Химическая поляризация электронов 5/457, 458
- ядер 5/458, 358, 459, 460; 2/623, 811, 1238, 1239; 3/141; 4/304, 334
- Химическая связь 5/460, 461–464, 508; 1/407; 2/461, 462, 644, 833, 834, 904, 905, 984; 3/204, 205, 235, 392, 786, 787, 797; 4/674. См. также отдельные типы связей
- «банановая» 5/738, 739
- в расплавах 4/345
- дативная 1/432; 2/919, 927; 3/82, 83, 735
- длины 1/378, 411, 412; 2/859, 984; 3/29, 30, 208, 210, 219, 330–334, 390, 797; 5/461, 463, 897
- и валентность, см. *Валентность, Валентных связей метод*
- и волновые функции, см. *Орбитали и спин* 4/790
- контюгация, см. *Сопряжение связей*
- механическая 4/1214. См. также *Катенаны*
- мостиковая, см. *Мостиковые соединения*
- поляризация, см. *Поляризуемость*
- растяжения, см. *Колебательные спектры*
- рефракции 4/516
- топологическая 2/694; 4/1214, 1215; 5/538
- Химическая термодинамика 5/464, 177, 178, 465, 466, 509, 956; 4/1074
- компенсационный эффект 2/868
- отсчет параметров, см. *Стандартное состояние*
- равновесная, см. *Химическое равновесие*
- термохимия, см. *Тепловые эффекты реакций, Термохимия*
- Химическая технология 5/467, 468–474, 482, 483, 495, 510; 1/191
- звуковая, см. *Инфразвуковые аппараты, Ультразвук в химии*
- и энергетика, см. *Энергохимическая технология*
- кибернетика 2/747, 748–750; 3/193
- мнерального сырья, см. *Галургия, Обогащение полезных ископаемых*
- моделирование, см. *Математическое моделирование, Модели, Моделирование*
- молекулярная, см. *Нанотехнология*
- нефти и природного газа, см. *Нефтепереработка, Нефтепродукты, Нефтехимия*
- оборудование, см. *Реакторы химические, Реакторы ядерные, различные типы устройств*
- органических веществ, см. *Органический синтез*
- оптимизация 3/769, 197, 770–772; 1/25, 1201, 1202; 2/747; 5/194, 467, 472, 473, 717, 810, 811, 830
- плазменная, см. *Плазмохимическая технология*
- полупроводниковая, см. *Планарная технология*
- радиационная, см. *Радиационно-химическая технология*
- производства автоматизированные, см. *Автоматизированные методы*
- безопасность 5/470, 471. См. также *Окружающая среда, Охрана природы, Охрана труда*
- безотходные 1/466
- безотходные 1/466; 2/1018, 1039; 3/94, 95, 416, 638, 848, 852; 5/470
- бессточные 1/466
- большой единичной мощности 1/467, 468
- гибкие 1/1065, 1202; 2/678, 981; 5/472
- малоотходные 1/467, 468. См. также *Комплексные методы переработки сырья*
- надежность 3/320, 321–323; 1/1201
- проектирование, см. *Проектирование химических производств*
- схемы, см. *Химико-технологические системы*
- процессы
- биологические, см. *Биотехнология*
- гидромеханические 1/1105, 1106
- горения 1/1164, 1169–1171
- масштабирование, см. *Масштабный переход*
- механические 3/144
- непрерывные, см. *Непрерывные и периодические процессы*
- подобию 3/1181–1185
- циклические режимы 5/715, 716–719
- теория графов 1/1196, 1197–1202; 2/539; 3/322; 4/1214
- эксергетический анализ 5/804–811
- Химическая физика 5/474, 475, 476
- Химически связанная влага 4/954
- Химически стойкие материалы 5/476, 477; 1/630; 2/706, 708, 1129, 1132, 1319, 1320; 3/992, 1221, 1237, 1244, 1265; 4/442–444, 706, 707, 837, 838
- к кислотам, см. *Кислотоупорные материалы*
- к коррозии, см. *Коррозионностойкие материалы*
- композиты, см. *Композиционные материалы*
- пластичные смазки 3/1123, 1125, 1126
- фторполимеры, см. *Фторкаучуки, Фторопласты*
- Химические журналы 5/477, 478–483, 511; 1/838
- Химические институты 5/483, 484–487; 5/512
- Химические источники тока 5/487, 488, 489, 750, 842, 861, 863, 918–921, 924; 1/1194; 2/4, 435, 436, 562, 1209; 3/76, 101, 356, 414; 4/123, 372, 1175, 1211
- аккумуляторные, см. *Аккумуляторы*
- элементы гальванические, см. *Гальванические элементы*
- топливные, см. *Топливные элементы*
- Химические методы
- анализа 5/489, 172, 180, 490; 1/109, 292–296; 2/221, 709–712, 1310, 1311, 1315, 1317. См. также *Химический анализ*
- дозиметрия 2/221
- завивка волос 4/1127
- модифицирование древесины 3/201
- накачка лазеров 2/1116, 1125–1127
- обработка материалов, гальванотехника 1/973, 974–977; 2/321, 872, 950; 3/71, 94; 5/703, 853, 854, 895, 922. См. также отдельные методы
- локальная, см. *Травление*
- сварка 3/1121
- термическая, см. *Химико-термическая обработка*
- фотографическая, см. *Химико-фотографическая обработка фотоматериалов*
- чистовая, см. *Полирование*
- пенное огнетушение 3/1191
- Химические параметры (функции)
- переменная 5/505
- потенциалы, см. *Химические потенциалы*
- сродство, см. *Химическое сродство*
- эквивалент, см. *Эквивалент химический*
- эксергия 5/806
- энергия, см. *Обмен веществ*
- Химические потенциалы 5/498, 99, 499, 500, 505; 1/126, 127, 1064, 1065; 2/23; 3/883; 4/361–366, 817, 823
- и активность компонентов раствора 1/126, 127; 4/365
- и диффузия 2/1299; 3/947
- и зарождение новой фазы 2/316, 317
- и константы равновесия 2/23
- и летучесть 2/1166–1168
- и сродство реакции 5/505
- и энергия массы 3/935
- как парциальные молярные величины 3/882, 885–887
- как эволюционные параметры 4/1064
- кинетические коэффициенты 4/1067
- стандартные 1/126, 127; 4/817
- Химические процессы (явления)
- абсорбция и десорбция, см. *Хемосорбция*
- возгонка 4/893
- газофазное осаждение, см. *Химическое осаждение из газовой фазы*
- гетерогенность 5/105
- дерииватизация 4/424
- десублимация 4/893
- индукция 4/768
- ионизация 2/1311, 1312
- люминесценция, см. *Хемилюминесценция*
- параметры, см. *Химические параметры*
- поляризация, см. *Химическая поляризация*
- проводимость 5/506
- реакционные, см. *Реакции химические*
- самовозгорание 4/572, 573
- сдвиг, см. *Химический сдвиг*
- Химические справочники и энциклопедии 5/490, 491–496, 511
- Химические удобрения 5/54
- Химические элементы, см. *Элементы химические*
- Химический анализ 5/497, 498; 2/291. См. также *Химические методы анализа*, отдельные методы
- автоматизированный 1/30, 31, 292, 294–296; 5/151, 173
- быстрый массовый, см. *Экспресс-тесты*
- изотопное разбавление 2/381, 382, 383, 1315, 1318; 1/94, 917; 4/327, 328, 557; 5/656
- метрология 3/136, 137–140; 1/292, 294, 295, 917, 918; 2/291, 856; 4/182; 5/877–879
- минерализация 3/168, 169, 170; 4/179
- состав метеоритов 2/961, 962
- спектральный 2/562, 1235; 4/550, 777, 779
- Химический сдвиг 2/942, 1019, 1170; 3/66, 67; 4/482; 5/308–310, 405, 406, 500, 1025–1028
- Химический транспорт, см. *Реакции химические транспортные*
- Химическое строение теория 3/204, 205, 572, 786; 5/509, 510
- Химическое оружие 5/500, 470, 501, 502
- Химическое осаждение из газовой фазы 5/503, 497, 755, 762, 766; 1/790; 2/223, 950, 1009, 1027, 1154, 1168; 3/75, 225, 246, 305, 377, 415, 420, 421, 495, 777, 1105; 4/421, 495, 685, 867, 893
- Химическое равновесие 5/503, 98, 465, 466, 499, 504, 956; 2/56, 1168; 3/644; 4/415, 1073
- детальное, принцип 2/41, 42; 4/691, 832, 1068; 5/504
- для идеальных систем, см. *Закон действующих масс*
- и матричные эффекты 2/1326
- константы, см. *Аррениуса уравнение, Константы равновесия*
- отклонения, см. *Химическое сродство*
- потенциалы, см. *Химические потенциалы*
- таутомерное, см. *Таутомерия*
- Шленка 2/1236
- Химическое сродство 5/504, 499, 505, 506; 2/1269, 1270; 4/1067, 1070
- Химия 5/506, 507–514
- автоматизация исследований, см. *Автоматизированные методы*
- агрохимическая, см. *Агрохимия*
- аналитическая, см. *Аналитическая химия*
- атомов горячих 1/1178
- «новых» 5/1016. См. также *Мюоний, Позитроний*
- биологическая, см. *Биохимия, Биоэлектрохимия*
- биоорганическая 1/550, 551
- биоорганическая 1/551, 553, 559; 3/210
- бытовая 1/656, 449, 657; 2/237; 3/1167–1169; 4/195, 286; 5/777, 780
- высоких давлений, см. *Давления*
- температур 4/1031
- энергий 5/514, 515
- горных пород, см. *Петрохимия*
- горючесмазочных материалов, см. *Химотология*
- древесины 5/515, 664, 665, 668. См. также *Лесохимия*
- древности и средневековья, см. *Алхимия*
- звуковая, см. *Инфразвуковые аппараты, Ультразвук в химии*
- и защита окружающей среды 3/865
- и миграция элементов, см. *Геохимия*
- и тепловые эффекты реакций, см. *Термохимия*
- ионизирующих излучений, см. *Радиационная химия*
- искусственный интеллект 2/539, 490, 540; 3/220
- квантовая, см. *Квантовая химия*
- клеток, см. *Цитохимия*
- коллоидная 2/858, 859–861; 3/1172; 5/177, 178, 509, 898, 899, 924
- космических тел, см. *Космохимия*
- кристаллов, см. *Кристаллохимия*
- лазерная 2/1122, 389, 394, 623, 722, 756, 1123, 1127; 1/792; 5/177, 476, 503, 509
- мезонная 3/31, 32; 5/475, 931, 1016
- механическая, см. *Механохимия*
- минеральная 3/411
- неорганическая, см. *Неорганическая химия*
- нервного импульса 5/510
- нефти и газа, см. *Нефтехимия, Нефть*
- низких температур, см. *Криохимия*

- общая 3/645
организации 5/512, 513. См. также *Химические институты*
органическая 3/783, 29, 30, 784–788;
2/932–942; 5/42, 481, 492–495,
508, 903, 904
печатные издания, см. *Химические журналы*, *Химические справочники и энциклопедии*
плазмы, см. *Плазменная химия*
пневматическая 5/508
превращений под действием света, см. *Фотохимия*
прикладная и теоретическая 1/1021,
1022; 3/412, 415, 416; 5/495. См. также *Химическая технология*
— — — графы, см. *Графов теория*
— — — Международный союз 3/14,
15; 5/513
радиоактивных веществ, см. *Радиохимия*
радиоаналитическая 4/328
селективная 5/476
спиновая 5/476
структурная, см. *Структурная химия*
твердых тел 5/515, 516; 3/415;
4/414. См. также *Твердофазные процессы*, *Твердые тела*, отдельные типы состояний материалов
— горючих ископаемых, см. *Коксохимия*, *Углемеханика*
технологическая 3/412
топологическая, см. *Топология*
фармакологическая, см. *Фармакокинетика*, *Фармацевтическая химия*, *Ятрохимия*
физическая, см. *Физическая химия*
экстремальных воздействий 5/509,
510
электродных процессов, см. *Электрохимия*
ядерная 5/1016, 931, 1017, 1033;
4/332, 336
Химмотология 5/516, 517
Химозия 5/517, 518; 2/559
Химотрипсин 5/518, 17, 158, 159;
1/472, 477, 481, 1098; 2/476, 875;
3/199, 622; 4/217, 642
Химотрипсиноген 3/199; 4/1270;
5/518
Хиназолин 5/518, 214, 519, 520
Хиназолиноазо 2/1202
2,4-Хиназолиндион 5/520
Хиназолиновые алкалоиды 5/520, 521;
1/143
Хиназолиноны 4/743; 5/1042
Хиназолон 4/288
Хинакридины 1/113
Хинакридоны 2/994; 3/1016, 1017
пигменты 1/113; 2/979; 3/1016,
1017
Хинализарин 1/537, 575, 1039; 2/1235;
3/689, 690
Хинальдин(ы) 2/591, 1082; 4/341;
5/535
Хингамин 4/220, 232, 238
Хингидрон 1/336, 532, 1115, 1116;
2/142; 3/134; 4/624; 5/844
электроды 3/134; 4/155; 5/842, 844
Хинидин 1/319, 320; 5/522
Хинизарин 5/521, 378, 522; 1/352,
1115; 2/78, 135, 136, 138; 3/689, 690
Хинин 5/522, 523, 526, 528, 529;
1/144; 2/1217, 1321; 3/551, 704,
767; 4/238, 391
Хининовая кислота 5/522
Хинион 3/767
Хиниола модификация 1/983
Хиннат 3/613
Хинная кислота 1/533; 3/613; 5/130
D-Хиновоза 4/578
Хинозол 3/714; 4/230, 232
Хиноидная теория 5/651
Хиноксалин(ы) 5/523, 115, 123; 1/127;
2/85, 346; 4/232
Хиноксидин 2/137; 4/232, 233
Хинолизидин 5/523, 524; 1/145
алкалоиды 5/524, 525; 2/1321
Хинолин(ы) 5/526, 527
алкалоиды, см. *Хинолиновые алкалоиды*
кислоты, см. *Хинолиновые кислоты*
красители, см. *Хинофталоновые красители*
получение 2/111, 591–593, 1270;
3/527; 4/718–720; 5/369, 370, 783
Рейссерта 4/341, 342
свойства 1/76, 91, 237, 423, 654,
1087; 2/8, 9, 28, 593, 594, 750,
1029, 1092, 1217, 1272; 3/383,
385, 458, 487, 814, 894, 1164;
4/230, 232, 312, 341, 419, 625;
5/86, 383, 429, 527–529, 719, 777
соли, см. *Хинолиновые соли*
Хинолиния соли 1/112; 2/1276; 3/63,
714; 4/266, 1147; 5/526
Хинолиновые алкалоиды 5/527, 528,
529, 537; 1/143
Хинолиновые кислоты 5/527, 271, 526;
1/112, 250; 3/487, 713; 4/231
Хинолоны 2/815; 4/231, 232; 5/527–
529
Хинолы 1/334, 532
Хиноамид 1/193
Хиноидиазиды 1/91, 810; 2/72
Хиноидимины 4/253; 5/529, 531, 532
Хиноидимины 5/531, 529, 532; 3/471
красители 5/529, 530–532; 2/437,
438, 454, 455, 460, 980, 995, 1156;
3/471, 472, 536, 675–677, 697;
4/1116, 1117
Хинонметид 2/1174
Хиноноксиды 1/532, 645, 1044;
3/1244; 4/42
Хиноны 5/532, 533–535. См. также
Антрахиноны, *Бензохиноны*, *Нафтохиноны*
получение 2/1004; 3/1018, 1056;
5/8, 354, 942
свойства 1/201, 267, 271, 433, 531,
748, 749, 1115; 2/282, 432, 441,
744, 873, 972; 3/36, 48, 134, 408,
579, 652, 796, 891, 915; 4/254, 623,
624, 907, 1124, 1125, 1150; 5/116,
142, 181, 264, 427, 455, 529, 785,
1042
Хиносан 5/421
Хинотоксин 5/522
Хинофоп-этил 1/1028
Хинофталон 5/535
Хинофталоновые красители 5/535,
536; 1/614; 2/149, 150
Хиноцианины 4/625
Хиноид 4/238, 239
Хинсберга тест 4/897
Хинуклидил-3-бензилат 5/536; 2/467;
3/843–846; 4/269
(3-Хинуклидил)дифенилметанол гидро-
хлорид 5/131
Хинуклидин 5/536, 527, 537; 1/269;
2/371; 3/1246
3-Хинуклидиол 5/536, 591
Хинолит 5/386
Хиральность 5/537, 39, 198, 538, 545,
731, 732, 957; 1/388, 601; 2/288, 363,
366, 367, 674, 906, 925, 1172; 3/84,
210, 271, 378, 380, 569, 656, 683, 735,
760, 772, 773, 786; 4/389–392, 605,
854–859, 1027, 1212, 1213, 1215
Хироптические методы 5/538, 539–
546; 1/393; 2/292; 4/857
Хиспинген 4/578
Хитин 5/546, 38, 422, 547; 2/474, 1177;
3/596, 614–616, 1167; 4/35, 36, 39
Хитинсинтетазы 5/546
Хитозаны 4/39, 204; 5/546, 547
Хитоолигосахариды 5/547
Хладагенты 1/277, 928, 948, 1004;
2/118, 302, 585, 768, 1246; 3/114,
357, 411, 807, 857, 985; 4/69, 194,
300, 657, 1050; 5/44, 580, 593–605
Хладоны 5/547, 391–393, 396, 406,
410, 548–551, 580, 684, 777, 833;
1/704, 705, 715, 895, 948, 993, 998;
2/891; 3/101, 113, 125, 648, 649, 657,
661, 902, 906–909, 1059, 1191; 4/67,
195, 196, 261, 286, 359, 947, 1079,
1106
Хловинит МА-20 1/725
Хлодитан 4/235
Хлозепид 4/1224, 1225
Хлоксил 1/996; 4/225
Хлометоксинил 1/1027
Хлопина закон 2/1254; 4/762; 5/102
Хлопок 1/732, 733, 800–802, 807,
1078; 2/634; 4/1013; 5/661, 662
деактивация 2/16
жир 2/303
коллоидный 2/126
крашение 1/139; 2/81, 151, 152, 974,
977, 992, 1093; 3/690, 707; 4/649,
919, 1130; 5/382, 383
масло 5/551; 1/749, 866, 1085;
3/302, 304, 395; 4/377–381, 383,
573, 713, 743
набивка 3/998
самовозгорание 4/572
Хлор 5/551, 54, 937, 938; 1/768, 769,
1109; 3/854
«активный» 1/193; 5/568
гидраты 1/911, 912
жидкий 1/770; 2/300; 3/913; 4/342;
5/552, 605
карбид 4/586
метаболизм 3/623, 624
оксиды 5/554, 553, 555, 556, 560;
1/299, 300, 452, 770, 889, 970,
1121, 1122; 3/369, 576, 657, 698,
860, 986, 990, 1089
определение 1/468, 887–889, 892,
893–895, 915–917; 2/292, 446,
449, 507, 522, 710–712, 770, 896,
1083, 1224; 3/64, 561, 1056;
4/159, 397, 549, 1198; 5/19, 124,
554, 819, 916
получение 1/778, 1019, 1022;
2/1235; 3/55, 349, 355, 369, 412,
863, 981; 4/202, 757; 5/553, 554,
568, 776, 842, 954
применение 1/452, 549; 2/440, 441,
1226, 1227; 3/545, 835, 846, 1089;
4/223, 224; 5/554
свойства 1/6, 412, 429, 911, 912, 944,
961, 962, 969, 1015, 1050, 1122,
1194; 2/119, 124, 170, 171, 282,
368, 388, 393, 394, 505, 769, 779,
793, 883, 1172, 1183; 3/39, 88, 237,
280, 346, 569, 602, 604, 662, 753,
955, 957, 958; 4/106, 339, 515, 755,
813, 837, 938, 939, 985, 1122, 1149,
1152, 1161–1163, 1166, 1206;
5/16, 139, 195, 256, 408, 463, 551,
552, 608, 936, 982
соединения 2/792, 793, 1037; 5/552.
См. также *Галохлориды*, *Перхлораты*, *Хлораты*, *Хлориды*, *Хлориты*
— мегалогенные 1/950, 954, 967,
1122; 2/769, 823; 3/514, 981;
4/342, 343, 912; 5/553, 554. См. также *Галогенфториды*
— номенклатура 3/573, 574
— органические 1/903; 2/409, 469,
470, 475; 3/765; 4/233. См. также *Галогенирование*, *индивидуальные представители и их группы*
«сплавы» 5/503
фосфаты 5/252
хлорат 5/556
цианид 2/174; 5/701, 706
1-Хлорадамантан 1/34
Хлоразид 1/93
Хлоракон 4/240
Хлоракрил 1/725
цис-3-Хлоракриловая кислота 1/956
Хлоралид 5/556
Хлоралканы 1/254, 715; 4/198
5-Хлор-3-алкил-1,2,4-оксиданазолы
3/673
α-Хлоралкилацетаты 3/1024
β-Хлоралкилсульфиды 4/914
Хлоралкилфенолы 4/726
β-Хлоралкилфосфаты 5/254, 266
β-Хлоралкилфосфиты 1/966
Хлоралола 2/342, 343
Хлораль 5/556, 557, 580, 585, 994, 995;
1/2, 3, 424, 520, 633, 1077; 2/67, 121,
706; 3/533, 1206; 4/170, 623, 755
Хлоральалкоголяты 5/556, 557
Хлоральаммак 5/556
Хлоральацетаты 1/423
Хлоральгидрат 4/743; 5/556, 557, 585
Хлораломинаты 5/926
Хлорамбутил 5/449
N-Хлорамиды 1/230
1-Хлор-2-аминоантрахинон 2/78
N-Хлор-L-α-аминокислоты 1/1181
4-Хлор-2-аминотолуол 1/78, 80
Хлорамиды 5/557, 266, 558, 586, 784;
1/338, 452, 515, 517, 595, 770, 963,
1071, 1074, 1075, 1181; 2/9, 18, 74,
173, 213, 323, 533, 641; 3/62, 310,
530, 576, 580; 4/392, 581, 898, 899,
915, 1142, 1203
Хлорамфеникол 1/320; 2/1152; 3/683
Хлорагидриды, см. *Галогенангидриды кислот*
4-Хлоранизол 1/304
Хлоранил 1/719; 3/91, 952; 5/124, 418,
588
Хлоранилины 5/558, 557, 559, 587;
1/443; 2/82, 202, 204; 3/565; 4/719
Хлорантимонаты 4/948
Хлорантрахиноны, см. *Галогенантрахиноны*
Хлорантроны 1/358, 944; 4/75
Хлоратит 1/358, 359
Хлоратигит 4/635
Хлорарены 4/1160
1-Хлор-4-арил-2-бутены 3/10
5-Хлор-3-арил-1,2,4-оксиданазолы
3/673
Хлораты 5/559, 551, 553, 560, 564, 922;
1/608, 1071; 2/466; 3/1075, 1076,
4/396, 482, 900. См. также *соединения химических элементов*
Хлорацетальдегид 1/723; 4/277; 5/12
Хлорацетамид 1/337, 425
Хлорацетанилиды 1/330, 1064
Хлорацетаты 5/585
Хлорацетилен 1/715; 3/831; 5/12
Хлорацетилхлорид 3/579; 5/561, 585
1-Хлор-5-ацетокси-2-пентанон 4/1120
Хлорацетофенон 5/560, 561; 1/441;
2/538; 3/843, 844, 846; 4/1129
Хлорацетофос 4/230
Хлорбензальдегиды 5/561, 583; 1/983
1-Хлорбензальдоксон 1/337
Хлорбензальмагдонитрил 5/561,
562; 2/538, 1276; 3/843, 844, 846
Хлорбензальхлориды 1/488; 5/583,
584
N-Хлорбензанилид 1/488
Хлорбензилдентрихлориды 5/583,
584
Хлорбензилхлориды 3/560, 583, 584
1-Хлор-1-бензолацетат 1/505
4-Хлорбензоилбензойная кислота
1/945
2-Хлорбензойная кислота 5/115
Хлорбензол 5/562, 7, 11, 133, 568, 903;
1/373, 945, 946, 949, 1175; 2/133,
184, 449, 633, 638, 1104; 3/118, 148,
523, 524, 565, 604, 816, 1059; 4/28,
61, 202, 393, 419, 755, 759, 1200

- Хлорбензолсульфокислоты 5/139, 557, 558, 562
п-Хлорбензолсульфонилазид 1/71
м-Хлорбензолсульфохлорид 5/569
 Хлорбензотрихлориды 1/530; 5/583, 584
 (Хлорметил)хлорбензолы 5/583, 584
 3-Хлор-3*Н*-диазирин 2/69
 α-Хлорпропионовая кислота 1/138
 Хлорбромэтан 5/998
 2-Хлор-1,3-бутадиеп 5/569–571
 1-Хлорбутан 3/728
 Хлорбутанолгидрат 4/743
 3-Хлор-2-бутанон 3/110
 (2)-2-Хлор-2-бутеновая кислота 3/571
 Хлорбутилкаучук 1/646, 847
 Хлорбутин 2/605; 4/220, 234
 Хлорвиниларсенин 1/4; 2/1215, 1216; 3/315; 4/1270
 2-Хлорвинилдихлорфосфонат 3/672
 Хлорвинилкетены 1/718, 980; 5/1000
 β-Хлорвинилмышьяковая кислота 2/1216
 Хлорвиниловый лак 2/1320
 N-Хлоргексаметилендисульфид 3/805
 5-Хлор-3-гексеновая кислота 4/768
 Хлоргексин 1/338
 Хлоргидратитоны 1/1067
 Хлоридины 1/254, 644, 1144, 1146; 3/732, 796; 4/169; 5/959, 962, 963
 Хлоридгидроксисоединенные кислоты 2/864; 3/692, 693
 3-Хлор-2-гидроксипропилметакрилат 1/1148
 Хлоргиллин 3/254
 N-Хлоргуанидин 2/68
 2-Хлордекалин 2/26
 7-Хлор-2-декарбаомил-2-ацетилтетрациклин 4/1110
 Хлоридазепоксид 1/229, 504; 4/1193, 1224
 N-Хлор-N,N-ди-*трет*-алкилмочевин 2/68
 α-Хлордиалкилсульфиды 4/913
 10-Хлор-5,10-дигидрофенарсазин, см. *Адамсит*
 1-Хлор-3-диметиламинопропан 1/234
 2-Хлор-10-(3-диметиламинопропил)-фенотиазин 1/234
 3-Хлор-2,2-диметилпропионовая кислота 1/668
 7-Хлор-6-диметилтетрациклин 4/1110
 4-Хлор-2,5-диметоксанилин 1/78
 2-Хлор-4,6-динитроанилин 3/523
 2-Хлор-1,3-динитробензол 3/521
 Хлордиоксиды 2/140
 Хлордиоксолиновая кислота, S-эфиры 4/1154
 Хлордифениларсин 3/315
 4-Хлордифенилсульфон 2/186
 Хлордифенилы 1/566
 Хлордифторамин 1/96, 98
 Хлордиформетан 3/909
 7-Хлор-4-(4-диэтиламино-1-метилбутил)динолин 5/758
 Хлорекс 1/960, 1140; 2/202
 Хлоридазон 1/1032
 Хлоридин 4/231, 239
 Хлоридная эпитакия 4/113
 Хлоридные воды 3/170
 Хлориды 5/562, 195, 238, 551–554, 563, 580; 1/951, 974, 977, 1093, 1193, 1194; 2/267, 510, 709, 710, 947–949, 1103, 1107, 1209; 3/2, 3, 88–91, 165, 166, 273, 458, 608, 609, 631, 774–776, 801, 950; 4/482, 596, 821. См. также *Галогениды*, *Межгалогенные соединения*, индивидуальные представители
 Хлоризоцианураты 4/700
 Хлорил 3/577; 5/555
 N-Хлоримиды 5/557
 Хлориминиевые соли 2/418, 419
 N-Хлоримины 5/557
 α-Хлориминиевые соли 1/230
 Хлоримуронил 4/932
 ω-Хлоркарбоновые кислоты 2/863
 Хлоринация 2/336
 Хлориндан 1/998
 (4-Хлор-3-индолил)уксусная кислота 1/416
 Хлорины 3/437, 1236; 4/146, 573, 576, 579, 772
п-Хлорнолбензол 2/497
 5-Хлор-7-иод-8-гидроксифенол 3/714
 Хлорирование 1/1050; 2/9, 210, 456, 755; 3/346, 355, 512, 525, 526, 528, 547, 565, 580, 860, 1029; 4/81, 202, 655, 940, 947, 1105, 1106, 1142, 1174, 1205; 5/12, 238, 553, 557, 558, 564, 565, 568, 722, 906, 995. См. также *Галогенирование*
 воды 1/769–771; 3/658
 гомолитическое 2/313
 жидкофазное 5/12, 13, 568, 580
 заместительное 5/906
 и масштабирование 2/1321
 каталитическое 3/479; 4/393, 1111; 5/13, 580
 металепсия 2/313
 изотемпературное 2/1034
 окислительное 3/449; 4/265, 393, 908, 938, 1206; 5/13, 502, 580
 паровое 4/393; 5/11, 570, 580
 поливинилхлорида 3/1235, 1236
 радиационное 4/293
 радикальное 2/464, 646; 4/310; 5/739
 фотохимическое 2/187; 3/557; 5/12, 13, 548, 552, 566
 цепное 2/464; 4/310; 5/683, 689, 690
 эффект надмолекулярный 3/1264
 – соседних звеньев 3/1263
 Хлорированные соединения
 каучуки, см. *Хлоркаучуки*
 лаки полиэтиленовые 5/563, 564, 565; 3/1140; 4/29
 – хлоркаучуковые 5/565; 3/1140
 латексы 5/565
 парафины, см. *Хлорпарафины*
 полиолефины 4/28, 29, 30; 1/646, 647; 3/1264; 5/563, 565
 – для нефтесмола 3/445
 – полипропилен 4/28, 29
 – полиэтилен 1/14; 3/907, 1140, 1263, 1264; 4/28, 29, 81; 5/563–565
 – сульфированный 4/82, 29, 81, 83, 442–444; 1/645, 719, 847; 2/707, 708, 1149; 3/661
 триполифосфат натрия 4/699, 700
 Хлорирующий обжиг 3/1001; 4/639, 974
 Хлористоводородная кислота 3/576; 4/753–757. См. также *Соляная кислота*
 Хлористые соединения. См. также соответствующие хлориды
 аллил 1/180
 бензилден 1/488
 бензоил 3/572
 винил 1/722–724
 винилден 1/715
 водород, см. *Хлористый водород*
 изопропил 1/946
 кислота 3/576; 5/564. См. также *Хлориты*
 метил 3/125
 метилден 3/113, 114
 сульфурил 1/435
 тионил 1/493, 494; 2/88
 формил 1/943
 фосфорил 1/421
 этил 5/997
 Хлористый водород 1/6, 9, 429, 778, 783, 834, 835, 894, 916, 943, 948, 955, 982, 983, 990, 1084; 2/154, 312, 397, 620, 853, 1043; 3/125, 513, 576, 722, 785, 796, 1055, 1056; 4/33, 753–757, 819, 863–867, 1099, 1118; 5/16, 224, 255, 465, 551, 553, 733, 786, 986. См. также *Соляная кислота*
 Хлориты 5/564, 551, 553; 2/851; 3/576; 4/978
 Хлор-ИФК 1/1030; 4/429, 695
 3-Хлоркамфора 2/600
 Хлоркарбонилсульфенилхлорид 4/1131
 Хлоркаучуки 5/564, 565; 4/29, 444, 445
 лаки 5/565; 3/1140
 Хлоркетены 3/376, 377, 887; 4/194
 β-Хлоркоричная кислота, этиловый эфир 4/853
 β-Хлоркетоновый эфир 1/440
 Хлоркатурины 1/1006; 2/974
 Хлоркислоты 5/565, 566
 «Хлормагнессие» щелоча 2/1246
 Хлормадионацетат 1/1048
 α-Хлормалеиновая кислота 1/432
 Хлормекват(ы) 4/428, 429
 Хлормеламины 3/34
п-Хлормеркурбензоат 1/480, 603
п-Хлормеркурбензойная кислота 1/394, 1152; 5/273
 Хлорметаллаты, см. *Хлорметаллаты*
 Хлорметан(ы) 2/10; 3/125, 760, 801, 993; 4/755
 Хлорметилалкиловые эфиры 4/170; 5/567
 4-Хлор-N-метиланилин 4/1225
 1-Хлор-2-метилантрахинон 1/155
 Хлорметилацетат 1/435; 5/415
 Хлорметил(бензил)сульфид 5/768
 Хлорметилбензолы 1/496; 4/759; 5/566
 Хлорметилдиаллилфосфонат 3/1227, 1228
 Хлорметиленидиан 1/654
 5-Хлорметиленидианол 1/1124
 2-Хлорметил-Δ²-имидазолин 5/146
 Хлорметилирование 5/566, 222, 567, 700, 721; 1/948; 2/90, 693; 3/372; 4/613, 1258
 Хлорметилкетены 3/498
 (S)-2-Хлорметилмасляная кислота 3/569
 (Хлорметил)метилбензолы 5/566
 Хлорметилфталаты 3/117, 372, 373
 2-Хлорметил-1,4-нафтохинон 3/390
 3,3-*бис*-(Хлорметил)оксациклубутан 1/960
 3,3-*бис*-(Хлорметил)оксетан 3/913
 Хлорметилосиран 5/959
бис-(Хлорметил)сульфид 4/911
 Хлорметилтолуолы 4/1200
 Хлорметилтрихлорсилан 3/799
 2-Хлорметилхинозолин-N-оксиды 1/504
 2-Хлорметил-6-хлор-4-фенилхинолин-3-оксид 5/520
 (2*R*, 5*R*)-2-Хлор-5-метилциклогексанон 5/544
 5-Хлор-2-метоксанилин 1/80
 3-Хлор-3-метокси-3*Н*-диазирин 2/69
п-Хлорметилдиазолиновая кислота 2/1271
 N-Хлормочевина 3/280
 Хлормуравьиная кислота, эфиры 2/639; 3/932; 5/88
м-Хлорнабензойная кислота 4/926, 934, 1128; 5/115
 Хлорнаирит 5/565
 Хлорнафталисульфокислоты 2/315; 3/380, 386
 Хлорнафталины 5/567, 125, 383, 384, 568, 994; 2/371, 388, 421
 Хлорная вода 4/469; 5/522
 Хлорная известь 5/568, 554; 1/193, 306, 452, 647, 952, 1071; 2/9, 10, 17, 18, 350, 587; 3/690, 860; 4/600
 Хлорная кислота 1/518, 604, 782, 1078, 1096; 2/75, 182, 567, 697, 773, 782, 1146, 1216; 3/133, 603, 662, 682, 797, 986–991, 1074, 1132; 4/53, 372, 600, 931, 1090, 1124; 5/131, 556, 608, 827, 901, 902, 961. См. также *Перхлораты*
 8-Хлор-1-нафтоиновая кислота, этиловый эфир 2/132
 Хлорифталаты 2/18; 3/387
 Хлорнитроанилины 2/133; 3/523
 Хлорнитробензолсульфокислоты 5/568, 569; 1/242; 3/565
 Хлорнитробензолы 1/242, 267; 2/132, 202, 203; 3/62; 5/119, 559, 562, 569
 α-Хлорнитрозосоединения 3/541
 Хлорнитротолуолы 3/561
 Хлорноватая кислота 3/576; 4/1019; 5/559. См. также *Хлориты*
 Хлорноватистая кислота 1/723, 770, 1121–1123, 1146; 2/498, 598, 782, 784, 936; 3/26, 72, 502, 576, 707, 738; 4/661, 900; 5/993. См. также *Гипохлориты*
 2-эко-Хлорнобориан 3/580
 Хлорные электроды 4/821; 5/841
 Хлорный ангидрид 5/555, 556
 Хлоробуимхинон 1/749
 Хлоробуим-хлорифталаты 5/574
 Хлороводород, см. *Хлористый водород*
 Хлороводородная кислота 4/753. См. также *Соляная кислота*
 Хлоротерманы 1/1040
 Хлороз 2/1288, 1293
 Хлорозил 3/577
 Хлорокарбонаты 2/651
 Хлорокрупорфинин 2/974
 Хлорокатурины 1/1006; 2/974
 Хлороксиды 1/172
 Хлороскурин 1/1030, 1031
 2-Хлороктан 1/869
 Хлоролефины 1/948; 5/10, 581. См. также *Полиолефины хлорированные*
 Хлормагнетит 2/1246
 Хлорметаллаты 1/720, 950; 2/535, 536, 1088; 3/246, 307, 424, 489, 493–495, 872, 1128, 1129, 1131; 4/563, 983, 985, 1020, 1174, 1183; 5/523, 526, 613, 765. См. также соединения химических элементов
 Хлорометилен 2/1152
 Хлоронб 5/418
 Хлорониевые соединения 1/959
 Хлоронитратоацетаты 5/696
 Хлороолеиновые кислоты 3/757
 Хлороорганосиланы 3/807
 Хлоропласты 1/1130
 Хлоропреп 5/569, 570, 571; 1/430, 628, 714, 724, 946, 948; 2/14, 213, 246, 707; 3/10, 1029
 каучуки, см. *Каучуки синтетические*
 латексы 2/99, 806, 837, 1150
 β-Хлороспирты 1/960
 Хлоросульфатоацетаты 5/695
 Хлоротеллуровая кислота 4/1020, 1022
 Хлорофиллиды 5/575, 576
 Хлорофиллины 5/575
 Хлорофиллит 4/231
 Хлорофиллокаротиновая паста 2/1166
 Хлорофиллы 5/572, 342–349, 441, 573–580, 756; 1/552, 558; 2/22, 269, 974, 1219, 1233, 1234, 1288; 3/250, 430, 622, 624, 653, 786, 788, 790, 794, 1079, 1089, 1247; 4/108, 144, 146, 231, 381, 744, 1240
 Хлороформ 5/579
 получение 1/140, 930, 970, 971, 1158; 2/10; 3/101; 4/803; 5/556, 568, 585, 776, 995, 997
 свойства 1/69, 273, 436, 911, 946, 948, 1123, 1157; 2/177, 297, 449, 461, 493, 496, 498, 550, 732, 838,

- 1088; 3/106, 113, 125, 347, 373, 656, 661, 691, 703, 986, 1078, 1079; 4/169, 340, 359, 366, 388, 396, 445, 570, 713, 759, 939, 940, 1027, 1141, 1162, 1253; 5/6, 128, 141, 221, 224, 269, 449, 580, 589, 784, 817, 824, 978
- Хлорофос 1/3, 346; 2/122, 473; 4/225, 226; 5/276
- Хлорохин(ы) 4/238, 239
- Хлорошипинель 5/788
- Хлорпалладозамин 3/872, 873
- Хлорпарафины 5/581; 3/884, 908
- ω-Хлорпеларгоновая кислота 1/956
- Хлорпентаны 1/233
- 2-Хлорперимидины 3/952
- Хлорпероксиформетан 3/971
- 4-Хлорпикилиновая кислота 3/1018
- Хлорпикриин 5/581, 416, 582; 1/1123; 2/242; 3/405, 817, 843, 844; 4/1267, 1268
- 2-Хлорпиан 3/1027
- Хлорпиридазины 3/1033, 1043
- Хлорпиридины 1/261; 2/636; 3/1078, 1079
- 5-Хлор-2-пиридин 1/952
- Хлорпирифос 2/470, 471
- Хлорполисиланы 2/1032
- Хлорполиэтиленовые лаки 5/563–565
- Хлорпромазин 1/234
- Хлорпропамид 1/327
- Хлорпропаны 1/945; 4/204, 1213
- Хлорпропены 1/180; 4/194
- Хлорпропилат 1/108
- 2-Хлорпропилензол 3/573
- 1-Хлорпропиленоксид 3/1026
- 3-Хлорпропилсульфенилхлорид 4/1122
- β-Хлорпропионат 3/105
- 2-Хлорпропионилхлорид 3/253
- Хлорпропионовые кислоты 5/582, 583; 1/956; 3/253; 4/240
- Хлорпротиксен 3/398
- 6-Хлорпурии 4/274
- N-Хлорсахарин 4/581
- Хлорсеребряные электроды 3/134, 135; 4/819; 5/841, 844
- Хлорсиланы 2/1006, 1022, 1023, 1031, 1032; 4/265; 5/47
- Хлорсилоксаны 2/1032
- N-Хлорсукцинимид 1/187, 452, 646, 951, 952, 962; 2/18, 119; 4/581, 895
- Хлорсульфаты 4/921
- Хлорсульфокислоты 3/280
- 3-Хлорсульфолан 4/926
- 4-Хлорсульфонилбензойная кислота 4/1205
- 4-Хлорсульфонилксантотоксин 2/1087
- 3-Хлорсульфонилксипропионовая кислота 4/905
- Хлорсульфоновая кислота 1/239, 489, 517, 840, 943; 2/204, 239, 346, 438, 497, 1087, 1096; 3/109, 121, 269, 374, 375, 521, 524, 528, 576, 662, 913, 916, 1216; 4/73, 525, 659, 919, 923, 938, 939, 1129, 1150, 1151, 1205; 5/139, 382, 384, 569, 608, 700, 974
- Хлорсульфоны 4/937, 1250
- Хлорсульфополитилен 1/646
- Хлорсульфурон 1/1031; 4/932
- Хлортал-диметил 1/1028, 1029
- Хлорталидон 2/180, 181
- Хлорталонил 5/418
- 4-Хлор-1,2,3,6-тетрагидрофталевая кислота 5/570
- Хлортетрациклин 4/1109, 1110
- Хлортиамид 1/1028
- Хлортион 2/470
- Хлортиугольная кислота, эфиры 4/1154
- 3-Хлортиофен 5/570
- 4-Хлортиофенол 4/1159
- Хлортиоформаты 4/1156
- Хлортолуолы 5/583, 584; 1/496, 909, 1030, 1031; 2/315, 343; 3/560; 4/1198
- Хлортриазининовые красители 1/127–129; 3/998
- 7-Хлор-2',4,6-триметокси-6'-метил-2'-гризен-3,4'-диоли 1/1202
- Хлортрифторметан 3/656, 909
- 2-Хлор-5-трифторметиланилин 1/78
- 2-Хлор-4-трифторметил-5-тиазолкарбоновая кислота 1/329, 330
- Хлортрифторэтилен 5/403
- Хлортриэтоксисилан 1/171
- Хлоруглероды 1/948; 2/14; 4/28, 1106
- Хлоруглероды 4/1114
- Хлоругольная кислота 1/441; 3/114, 932; 4/200; 5/990
- Хлорциклодиены 2/469
- Хлоруксусные кислоты 5/584, 410, 585, 708, 986, 987; 1/196, 394, 531, 955, 1132, 1149; 3/118, 881, 969, 1039, 1057, 1060; 4/649, 1127, 1224, 1263. См. также *Моноосоединения*
- Хлоруксусный альдегид 1/42
- Хлорфацион 2/342
- 1-Хлорфеазин 5/115
- 4-Хлорфенетол 5/120, 121
- D-N-(п-Хлорфенил)аланин 1/1164
- 3-Хлорфениламин 1/234
- 7-Хлор-5-фенил-1,4-бензодиазепин-4-оксид 4/1225
- О-Хлорфенилгликолевые кислоты 5/585, 586
- 1-(2-Хлорфенил)дифенилметил]имидазол 4/228, 229
- Хлор-п-фенилендиамин 4/60
- Хлорфенилди 2/474
- 4-Хлорфенилоксиантратен 2/401; 5/559
- D-Хлор-2-фенил-1,3-индандион 2/439
- 2-Хлор-2-фенилпропан 2/1102
- 5-(4-Хлорфенил)силатран 2/342
- 4-(2-Хлорфенил)-7-хлор-2-хорметил-хиназолин-3-оксид 4/1225
- 1-Хлор-9,10-бис-(фенилэтинил)антрацен 5/444
- 2-(п-Хлорфенокси)изомасляная кислота 2/812, 813
- Хлорфеноксиуксусные кислоты 5/585, 586, 587; 1/441; 4/429
- Хлорфеноловый красный 4/936
- Хлорфенолы 5/587, 141, 378, 521, 586, 588, 709; 1/452; 2/1, 201, 634; 3/1057, 1212; 4/86
- Хлорфеноляты 5/586
- 2-Хлорфенотиазин 1/234
- Хлорфенпроп-метил 1/1028
- 1-(2-Хлорфенроценил)серебро 1/597
- 2-Хлорфлуорен 5/213
- Хлорформаты 5/239
- Хлорфосфазены 4/65, 66
- Хлорфосфаты 5/255, 256
- Хлорфосфины 5/312, 791
- Хлорфосфиты 5/267
- Хлорфосфоза III 5/274
- Хлорфосфонирование, см. *Окислительное хлорфосфонирование*
- Хлорфосфораны 5/294
- 1-Хлорфталезин 5/376
- Хлорфталевые кислоты 1/945; 5/377, 382, 567
- α-Хлорфталексон 5/379
- N-Хлорфталимид 1/951, 952
- Хлорфторалканы 4/67; 5/410
- Хлорфумаровая кислота 1/432
- Хлорхинальдол 4/232
- 2-Хлорхиноксалин 5/523
- Хлорхинолины 3/63; 4/719; 5/559
- Хлорхлоридхлорид 1/1064; 4/247, 428
- 6-Хлорхризиди 5/607
- Хлорхинан 5/588, 137, 701, 706; 1/968, 969; 2/174, 176, 183, 1276; 3/516, 843, 844, 846, 914; 4/696
- Хлорхлорексен 2/368; 5/722
- 1-Хлор-1-циклогексен 5/570
- Хлорхлорексен 5/735
- 1-Хлор-2,3-эпоксипропан 5/959
- ω-Хлорзантоновая кислота 1/956
- Хлорэтидиловый ангидрид 1/998; 3/1201
- Хлорэтан 5/997
- 2-Хлорэтанол 1/959; 5/993, 994
- 2-Хлорэтансульфохлорид 4/937
- Хлорэтан 1/722–724
- 2-Хлорэтиламин 3/63, 293; 4/234; 5/449
- 2-Хлор-4-этиламино-6-изопропиламино-сим-триазин 4/196
- 5-[бис-(2-Хлорэтиламино)]-6-метилурацил 2/221
- β-Хлорэтилацетат 5/991
- Хлорэтилвиниловый эфир 1/115; 5/977
- бис-(β-Хлорэтил)винилфосфонат 5/306
- Хлорэтилдихлорфосфат 1/962
- Хлорэтилдихлорфосфит 1/961
- 2-Хлорэтилдихлорфосфонат 3/672
- β-Хлорэтилмеркаптан 2/533
- N,N-бис-(2-Хлорэтил)-2-нафтиламин 2/606
- Хлорэтиловые эфиры 2/130, 202
- β-Хлорэтиловый спирт 5/993, 994
- β-Хлорэтилсульфиды 2/129; 4/915
- Хлорэтилфосфонат 3/672; 5/13
- 2-Хлорэтилфосфоновая кислота 2/53
- 2-Хлорэтилфосфорилдихлорид 4/968
- N-(2-Хлорэтил)этилендиамин 1/269
- Хлорэтан 1/436, 960; 4/743
- Хлоряблочная кислота 2/1272; 3/570
- Хлорянтарная кислота 2/128; 4/389
- Хна 3/707
- Хосенберга–Кона теорема 5/875
- Хозяйственные мыла 3/302–304
- «Хоккейных клюшек» эффект 2/911, 912
- Холамид 3/487
- Холаи 4/865
- Холаиновая кислота 2/278
- Холантрон 5/943
- Холаты 2/277, 278
- Холевид 4/478, 479
- Холевые кислоты 2/278; 3/347, 622; 4/865
- Холеиновые кислоты 2/278
- Холекальциферол 1/745–747, 751, 752
- Холекинетические желчегонные средства 2/277
- Холексамин 1/1118
- Холезим 2/277
- Холестерические желчегонные средства 2/277
- 4,6-Холестадиен-3-он 5/589
- Холестан 2/280, 281; 4/862, 865; 5/589
- 5β-Холестанпентол 2/281
- 5β-Холестантетраол 2/281
- Δ⁵-Холестен 5/589
- 5-Холестен-3β-ол 4/865; 5/588
- 4-Холестен-3-он 5/589
- Холестерики 2/287–289
- Холестерилмиристан 2/287
- Холестерилхлорид 5/589
- Холестерин 5/588, 151, 589, 590, 731, 819, 916, 971; 1/50, 483, 553, 743, 745, 747, 826, 1046, 1117–1119; 2/278, 281, 288, 812, 819, 958, 1177, 1184, 1198, 1199; 3/48, 49, 290, 621, 767, 786; 4/228, 381, 578, 579, 713, 859–865, 1119
- Холестеринэстераза 5/589
- Холестерические жидкие кристаллы 5/104
- Холестеролэстераза 2/1184
- Холестирамины 1/1118, 1119
- Холецистоксинин 5/590; 3/199
- Холин 5/590, 272, 273, 591; 1/39, 280, 435, 750; 2/123, 1189, 1190; 3/106, 107, 619, 620, 765; 4/642, 968. См. также *Тиохолин*
- Холинацетилтрансфераза 1/435; 5/591
- Холинергические средства 5/592, 593
- Холинкиназа 5/591
- Холиноблокирующие средства 5/591, 592
- Холинолитики 1/329; 5/591, 592
- Холинолитические средства 5/591, 592; 1/328; 2/112, 113, 1322; 4/237, 238, 393, 773, 1193
- Холиномиметические средства 5/592, 537, 591, 593; 1/435
- Холинопозитивные средства 5/592, 593
- Холинтиосульфат 4/1163
- Холинтозилат 5/245
- Холинхлорид 3/107; 5/590, 591
- Холинэстеразы 1/328, 345, 346; 2/1296; 4/642, 1164; 5/149, 151, 296, 521, 1041, 1052. См. также *Антихолинэстеразные средства*
- Холла
- датчики 1/940, 1039; 3/501
- эффект 2/452, 453; 4/619
- Холлингуорет 3/1132
- Холодные процессы 5/593, 594–605, 715; 2/886; 3/1143. См. также *Вымораживание, Градири, Охлаждение*
- Холодные процессы (явления)
- крашение 1/77, 80
- предбиологическая эволюция 2/1034
- свечение 2/135
- алерный синтез 3/32, 872; 5/1020
- Холодопроизводительность 5/594–605
- Холоднэстераза 2/104
- Холодферменты 4/430; 5/159, 270
- Холоцеллюлоза 1/1006
- Хомотрепиды 1/470
- Хондритин 3/286
- Хондритинсульфаты 3/286, 624; 4/214
- Хоннирование 4/725
- Хордовая насадка 3/338
- Хоризмат 3/613, 615–620
- Хоризмовая кислота 3/613
- Хоригоадаптопин 5/605
- Хорионические гормоны
- гонадоотропин 5/605, 218, 606; 1/1172; 4/1169
- соматомаммотропин 3/1134, 1135
- Хорисоматомаммотропин 3/1134, 1135
- Хорнера реакция 5/606, 260, 276, 311, 607; 3/1243
- Хорнера–Эммонса реакция 5/606, 607
- Хоробетсунт 4/951
- Хостазин желтый АШР 2/1003
- Хосталены 3/1139; 4/30, 31, 80–82
- Хосталит 1/725; 3/1232–1235
- Хосталоксы 3/837
- Хостапрен 4/28
- Хостаприты 2/997
- Хостафан 3/1139
- Хостафлоры 3/1139; 5/403
- Хостаформис 4/63, 64
- Хоуорса (Хеуорса) формулы 5/607; 3/265
- ХПВХ, см. *Поливинилхлорид хлорированный*
- Хризидин 2/135, 136; 3/689
- Хризантин 1/248
- Хризантемовая кислота, см. *Пиретрины, Пиретроиды*
- Хризаробин 2/972
- Хризиди 5/607, 446, 608; 1/372, 523, 524; 2/591, 595; 3/894; 4/419
- Хризиди-5,6-хинон 5/607
- Хризиди-6-сульфокислота 5/608
- Хризоберилл 1/206; 2/222
- Хризонин 5/19

- Хризоколла 3/4
Хризотаминанар 2/1144
Хризолит 2/222; 4/681
Хризомалин 1/135
Хризопес 1/189
Хризопраз 2/1027
Хризоптерин 2/975
Хризотил-асбест 1/385, 386, 802;
2/112; 3/805; 4/131, 1104
Хризофановая кислота 4/720
Хризофенин 2/81
Христиансена условие 2/715
Хром 5/608, 938; 1/550, 675
Бориды 1/583, 584; 2/481; 5/609
галогениды 5/612, 610, 611, 613,
976; 1/1193; 2/142, 567; 3/89, 90,
439, 553; 4/814
гидриды 5/609
гидроксилы 1/1092; 3/79; 5/610,
613–616, 619, 633
интерметаллиды 1/331, 332, 383;
2/479, 481, 485, 1240
карбиды 2/260, 624, 625, 736; 3/15;
4/1009; 5/609, 615
карбонилы 5/613, 310, 332, 614, 633,
634; 2/69, 641
кластеры 2/796
металлаты 1/671, 672; 2/567, 672;
3/1012; 4/618
минералы, см. *Хромит*, *Хромошпи-
нелиды*
нитрат 3/504; 5/610
нитриды 2/962; 3/165, 509; 4/1009;
5/609
оксиды 5/614, 6, 117, 199, 563, 589,
608, 610, 611, 613, 615–618, 630–
633; 1/300, 457, 595, 974, 1055,
1089; 2/12, 200, 439, 567, 663, 666,
671, 672, 674, 677, 801, 806, 929,
1003, 1087, 1147, 1280; 3/117,
122, 325, 369, 370, 372, 390, 524,
575, 664, 665, 695, 696, 698, 805,
913, 949, 972, 986, 991, 1011,
1012; 4/33, 51, 147, 193, 559, 567,
588, 627, 673, 707–709, 837–839,
869, 1055, 1097, 1101, 1122, 1173,
1201, 1202. См. также *Хромовый
ангидрид*
определение 1/120, 990; 2/183, 204,
205, 710, 711, 1090, 1217, 1224,
1230; 3/124, 169, 272, 561, 969,
1058; 4/397, 1250; 5/8, 431, 610,
636
перхлорат 3/990
полимеры 5/617
получение 2/734; 3/88–90, 1193;
4/561, 613, 1057; 5/608, 611, 612,
615, 632, 789, 854, 923
применение 1/214–217, 769; 2/1116,
1117, 1123; 3/71, 87, 161, 334, 889,
890; 4/114, 115; 5/73, 451, 611,
734, 920. См. также *Хромирование*,
Хромовое дублирование, *Хромо-
вые материалы*
свойства 1/315, 341, 1015, 1082;
2/282, 670–672, 677, 920, 1099,
1153; 3/74, 97, 98, 949, 955, 958;
4/584, 803, 813, 820, 1009, 1097,
1098; 5/20, 49, 127, 133, 142, 608–
610, 651, 724, 928, 929
силикаты 4/675
силициды 2/479; 3/369; 4/107, 563,
684, 685; 5/609
соединения комплексные 2/929,
930, 933, 984; 3/975
– полиадерные 4/97
– органические 5/633, 634–637,
703, 712, 725; 1/169, 364, 365;
2/137, 203, 233–235, 374, 669,
872, 923, 924, 929, 944, 1035; 3/83,
91, 537, 539, 665, 773; 4/18, 1140
сплавы 5/618, 61, 80, 164, 609–611,
766; 2/249, 250, 257, 260–263,
320, 321, 625, 734, 737, 801, 827,
828, 878, 879, 947–950, 1153,
1154, 1241–1243, 1331–1333;
3/15, 88, 334, 482–484, 546, 873,
889, 890, 1087, 1088; 4/467, 712,
809, 1174, 1180, 1182
сульфаты 5/618, 453, 610, 619, 631;
1/976
твердый, см. *Гальванотехника*
тестатороборат 5/400
токсичность 2/606; 3/854, 1194
феррит 5/163
фосфаты 1/1208; 2/801; 3/1012;
5/249, 250, 253
фосфиды 5/256, 257
халькогениды 2/481, 962; 4/1023;
5/609
цианиды 5/703
«черный» 1/976
Хромалдитилляция 5/625, 627, 628
Хромазурол S 5/619; 1/209; 2/451
Хромали 3/482; 4/809; 5/285
Хроманаты 5/633
4-Хроманон 5/586
Хроманы 1/518, 519
Хромареография 5/625, 627, 628
Хроматермография 5/626–628
Хроматин 5/619, 620, 636; 1/472,
1172; 2/1176; 3/587, 599; 4/427
Хроматит 5/632
Хроматография 5/620, 497, 621–625;
1/559, 625, 626, 909, 917
абсорбционная 1/884; 5/426, 621,
625–628
адсорбционная, см. *Адсорбционные
методы*
аффинная 1/416, 32, 42, 417, 418,
475; 2/295, 463, 1163, 1164;
3/599; 4/1011; 5/160, 621
без газа-носителя 5/625–627
без подавления 2/507
биоспецифическая 1/416–418;
5/621
бумажная 1/625, 626; 2/294; 3/433,
769, 796, 818; 4/555, 568; 5/284,
366, 621
внешнесферная 2/1171
высокого давления 2/294
высокоэффективная 2/294, 295,
298; 3/1096; 5/23, 35, 245, 246,
270, 425, 628, 630
выселятельная 2/295, 296; 5/621,
625–627
газовая, см. *Газовая хроматография*
газо-жидкостная 1/918, 884, 908,
919, 920; 2/347; 3/231, 749, 795,
797, 798; 5/133, 620–623, 626,
628–630
газо-жидко-твердофазная 5/620, 621
газо-твердофазная 5/620
гель-методы, см. *Гель-хроматогра-
фия*
гидродинамическая 2/294
градиентная 5/426, 625–628
детектирование, см. *Детекторы
хроматографические*
диффузионная 3/818
жидко-жидко-твердофазная 5/621
жидко-жидкофазная 5/621
жидкостная, см. *Жидкостная хрома-
тография*
и масс-спектрометрия, см. *Хрома-
то-масс-спектрометрия*
ионная, см. *Ионная хроматография*
ионообменная, см. *Ионообменная
хроматография*
ион-парная 2/295, 297, 519
капиллярная 2/608, 294, 609–611,
1172; 3/817, 818, 1067; 5/620,
621, 628
коаалентная 1/417, 418, 478
колоночная 2/292, 293, 298; 3/817,
818; 5/425, 620–624, 628–630,
816, 817
лигандообменная 2/1171, 295, 297,
1172; 1/418, 625; 3/460; 4/392,
424
на бумаге, см. *Бумажная хромато-
графия*
– фазы нормальных 2/297
– – обращенных 2/297
– – хиральных неподвижных 4/392
осадочная 3/817, 818; 1/625; 2/294
пиковая 3/818
пиrolитическая 1/883
плоскостная (плоскостная) 3/817,
818; 5/621, 622
по родству 1/416–418
препаративная, см. *Препаративная
хроматография*
проявительная 1/304; 2/295, 296;
4/555; 5/621
разрешение 2/296
распределительная 1/559, 625;
2/294; 4/833; 5/366, 621
реакционная 4/424, 425; 1/883
с программированием температуры
5/625, 626–628
сверхкритическая 5/620
селективность 5/624, 626
ситовая 2/295; 5/812–817
тонкослойная 4/1208, 1209; 1/478;
2/188, 293, 294, 1171; 3/433, 769,
796, 798, 818; 5/23, 35, 112, 172,
270, 425, 621
флюидная 2/610, 611, 620, 621
фронтальная 2/295, 296; 3/566; 5/621
хемоспецифическая 1/478
эксклюзионная 5/812, 426, 621, 813–
817; 2/45, 294–296
экстракционная 2/87, 294; 3/57;
5/160
Хромато-дихроматы 5/631
Хромато-масс-спектрометрия 5/628,
629, 630; 1/909, 1067; 2/44, 45, 291,
712, 916, 1315, 1317; 3/217, 231, 460,
795, 798; 4/37, 861
Хромато-структурный метод 1/884
Хроматофоры 5/344
Хроматы 5/630, 253, 610, 612, 615–
617, 631–633, 902; 1/769; 2/205;
3/166, 1224. См. также *Хромовая
кислота*
бипроизводные, см. *Дихроматы*
Дихромовая кислота, *Хромлик*
ингибиторы 2/43
определение 2/710
пигменты, см. *Кроны*
Хромель 3/484; 4/809, 1081
Хромель-алюмель 4/1081
Хромель-копель 4/1081
2-Хроменон 2/1100, 1101
Хромины 1/514–519; 5/360
Хромилгалогениды 5/612, 613, 976
Хромиллы солн 1/522
«Хромины» 4/69, 929; 5/395
Хромирование 1/196, 974–976; 2/259,
320, 321, 1153; 3/981; 4/248, 893;
5/395, 451
Хромистые стали 2/249, 250, 261, 262,
485, 548, 946, 947
Хромит 2/263, 734; 3/633; 4/561;
5/608, 610, 611, 613, 633, 788
Хромито-хроматы 5/633, 902
Хромиты 5/615, 633, 902
Хромихромат 5/615, 617
Хромовая кислота 1/431, 489, 519,
566, 976, 1115; 2/88, 183, 598, 801;
3/114, 373, 390, 524, 526, 547, 580,
699, 950, 1079, 1080; 4/875, 1101,
1205; 5/212, 522, 535, 607, 613, 616,
617, 619, 699, 961. См. также *Хро-
маты*
Хромовая смесь 2/567; 3/1039
Хромовое дублирование 2/995, 996, 998
Хромовые материалы
квасцы 2/729–731; 5/611, 619
керамика 2/734
клеи 2/801
красители 1/83, 438; 2/151, 774,
775, 977, 999, 1000; 4/248. См.
также *Протравные красители*
кроны 2/997, 1015
стали, см. *Хромистые стали*
стекла 4/835
Хромовый ангидрид 2/182, 1079;
4/714; 5/617, 729. См. также *Хром,
оксиды*
Хромогеновые черные 2/282, 451
Хромогены 1/264; 4/398; 5/651
«Хромоксан» 3/980, 981; 4/929; 5/395
Хромоинион 2/972
Хромоны 1/517–519
Хромопептиды 1/134, 135; 3/924
Хромопрогены 2/280
Хромосомы 5/636, 619, 770; 3/150,
151, 211, 299, 587; 4/495, 496, 1243
Хромосорбы 1/918
Хромотроповая кислота 5/636, 274,
610, 720; 2/1217; 3/127, 386; 4/397
Хромифоры 2/5, 446, 975, 978–981;
3/167, 773; 4/536–538, 783, 784;
5/65, 540–542, 545, 651, 788, 885,
886
Хромоцен 3/91; 5/635, 712
Хромошпинелиды 5/608, 788, 789
Хромник 1/419, 459, 489, 541, 668;
2/567; 3/1012, 1039; 4/726. См. так-
же *Калий, дихромат*
Хромникотит 5/788
Хромипразолы 5/636, 637; 1/336;
3/1036
Хромсерные кислоты 5/619
Хронометрия 5/637, 638
Хронокондуктометрическое титрова-
ние 2/896
Хронопотенциометрия 5/638, 639;
2/194
Хрупкость 2/286; 3/144, 145; 4/994
водородная, см. *Водородное охруп-
чивание*
минералов 3/166, 167
полимеров, температура 5/639, 640;
3/1116, 1118, 1119
Хрусталль 4/837, 838
горный, см. *Горный хрусталль*
ХСПЭ, полиэтилен 2/707, 708
ХТС, см. *Химико-технологические си-
стемы*
Хуаиг-Миллона модификация 2/751
Хутера-Рашига метод 5/133
Художественные краски 2/799, 821,
1278, 1296; 3/313, 1009, 1011, 1012;
5/62, 67
Хунда
правила 5/640, 819; 2/905, 1058;
3/288
случай связи 5/641; 4/797
Хундликера реакция 5/641, 642
4-ХФУК, кислота 5/585–587
Хэга правило и фазы 3/75, 76
Хэммонда постулат 5/642; 4/422
Хэсса метод 3/531, 557
Хюккеля
метод 5/642, 643, 644, 876, 877;
2/794; 3/223, 235, 787; 4/419, 420
правило 1/312, 376, 1062; 5/643
системы 1/376, 378, 379
тип переходного состояния 3/964
Хюккеля-Мёбиуса теория 4/858
Хюнига
основания 3/832
реакция 1/1162

- 537; 3/91, 99, 243, 1128, 1129, 1132, 1133; 4/910, 943; 5/760, 766
- Цвет(а)**
 бато- и гипсохромный сдвиги 2/99, 174, 1082; 4/751, 767; 5/360, 384, 646, 649
 воспроизведение и деление 5/323–326
 измерение, см. *Колориметрический анализ, Цветометрия*
 индикаторы 2/221
 кварков 5/931
 массовые 2/993
 побояности 3/243
 температура 5/315, 316
- Цветность.** См. также *Цвет, Цветные материалы, Цветные методы, Цветные реакции, Цветометрия*
 кристаллов 3/434
 нагретых тел, см. *Пирометры*
 соединений органических 5/645, 52, 441, 646–651; 1/88, 366, 918, 943; 2/150, 975, 976, 981; 3/447, 675; 4/751, 783, 1116
 – переходных элементов 3/949
- Цветная фотография, см. Фотография цветная**
- Цветные материалы**
 для фотографии, см. *Фотографические материалы, Фотография цветная*
 дымы 2/240. См. также *Сигнальные составы*
 индикаторы 1/1099; 2/1083
 красящие, см. *Красители, Краски, Крашение, Пигменты*
 стеклянные, см. *Стекла*
 цементы 2/255
- Цветная металлургия, см. Металлургия, Цветные металлы**
- Цветные металлы 5/651, 652; 3/96, 144, 145, 695, 1000, 1001; 4/436, 560, 594, 806**
- Цветные методы (процессы)**
 анализа, см. *Колориметрический анализ, Цветные реакции*
 анодирование 2/1000
- Цветные реакции.** См. также *Индикаторы, методы определения отдельных химических элементов и их соединений*
 Адамкевича 1/35, 475; 5/1
 биуретовая 1/566, 393, 475, 989, 1123; 2/476; 3/930
 в органическом анализе 3/795. См. также *Реагенты органические*
 для экспресс-тестов 5/818, 819
 и интенсивности окраски, см. *Колориметрический анализ*
 индофениновая 4/621, 1120
 ксантопротениновая 2/1086, 476; 1/475; 4/1170; 5/121
 Либермана 3/539, 542
 Паули 3/893; 3/475, 1123; 4/1170
 проба Бейльштейна 1/468, 469, 949 – Лассея 2/1148
 Сакагучи 4/568; 1/362, 363
 «талейхиная» 5/522
 Эрлиха 5/970
- Цветометрия 5/652, 646, 653.** См. также *Колориметрический анализ*
- Цветохромы 1/918**
- Цвиттер-ионы 5/653, 654, 736, 987; 2/871, 1190; 3/48, 63, 930, 1018, 1166, 1167; 4/900, 1146.** См. также *Бетаины, Илиды*
- Цедриллацетат 5/654**
- Цедрол 5/654**
- Цезиогност 1/603**
- Цезий 5/654, 657, 890, 937, 938; 2/504; 3/165**
 азид 1/72
 амалягама 5/659
 амид 1/231; 5/655
- галогениды 5/657, 162, 655, 656, 658, 754; 1/978, 1114; 2/445, 481, 492, 506, 510, 641, 716, 1209, 1227; 3/57, 599, 774, 776, 914, 1238; 4/329, 558, 563, 627, 782
 гидриды 1/220, 591; 5/655
 гидроксид 1/460, 655, 657–659
 интерметаллиды 1/331, 332; 3/348, 409, 655, 684
 карбиды 4/586; 5/655
 карбонат 2/864; 5/657, 658
 металлаты 1/569; 2/1088, 1090, 1329, 1331; 3/307, 424; 4/99, 437, 466, 533, 557, 1112; 5/609, 659, 695, 696, 862
 нитрид 5/655, 656
 нитриты 3/517
 озонид 3/658, 971; 5/655
 оксид(ы) 5/658, 654–656, 659, 971–974
 определение 1/737, 1061; 2/710; 5/335, 656, 695
 перманганат 2/1277
 пероксиды 3/979
 перхлораты 3/986–990
 получение 1/1019; 2/565, 580; 3/413, 751, 1069, 1238; 4/556, 557; 5/366, 655–657, 923, 926
 применение 5/656
 свойства 1/411; 2/383, 504, 505, 560, 767, 1181; 3/142, 955, 957, 958, 1092, 1093; 4/152, 319, 321, 325, 337, 431, 555, 556, 814, 848, 1022; 5/654–656, 658, 797, 798
 соединения межгалогенные 3/1237, 1238
 – органические 1/1194; 2/986; 4/804; 5/655
 сульфаты 3/599; 4/627, 920; 5/657, 862
 сульфит 4/921
 фосфаты 5/247, 252
 фосфид 5/655
 халькогениды 4/1022; 5/655
 хлорат 5/560
 хлорит 5/564
- Цейзе соль 2/930; 3/80, 1130
 Цейзея метод 5/659, 1007; 2/6; 3/127, 796
- Цейлонит 5/788**
- Цейлонский графит 1/1190**
- Целестин 4/874, 875**
- Целестит 4/874**
- Целестолит 3/292, 293**
- Целион 5/49**
- Целкон 4/63, 64**
- Целлидор 5/1001**
- Целлобиогидролазы 5/661**
- Целлобиоза 5/661–663**
- Целлобон 3/718**
- Целлогены 4/134**
- Целлозайлы 3/718**
- Целлозольвы 5/659, 660, 981, 991, 1007; 2/627, 994; 3/994**
- Целлюлитин 1/1103**
- Целлофан 5/660, 661; 1/644; 2/221, 1086, 1092; 3/1135, 1137–1139; 4/199**
- Целлофлекс 3/1139**
- Целлюлоид 1/1175; 2/359, 601; 3/1117; 5/667, 1001**
- Целлюлазы 5/661, 662; 3/156**
- Целлюлоза 5/662, 38, 515, 661, 663–665; 1/262, 859, 1005; 2/1164**
 ацетаты 5/665, 7, 235, 313, 660, 664, 666, 667, 724, 865, 979, 1001, 1007; 1/402, 424–427, 437; 2/221, 741, 978, 993, 1103; 3/114, 290; 4/38, 195, 200, 291, 507, 589. См. также *Ацетицеллюлоза*
 ацетобутираты 2/1296; 4/51, 326, 589; 5/667, 1007
 белая 2/989, 1164, 1174; 5/568
- варка 1/903, 1062, 1078, 1132; 2/225, 1164; 3/362–364; 4/165, 714, 903, 920, 921; 5/664, 665, 995
 волокна, см. *Волокна природные*
 высших растений и водорослей 1/800–802, 1078; 2/634; 4/35
 древесная 1/620, 680, 730, 731, 1078; 2/634; 3/64. См. также *Полуцеллюлоза*
 и хитин 5/546, 547
 ксантогениаты 1/730, 731; 2/1086; 4/654. См. также *Вискоза*
 мерсеризация 1/730
 метаболизм 3/614–616
 модификации 1/1006; 5/663. См. также *Гидратцеллюлоза*
 монокристаллы 4/392
 небеленая 1/386; 2/989
 нитраты 5/666, 660, 664, 667, 724, 961, 1001, 1006, 1007; 1/151–153, 425, 437, 453, 607, 705, 706, 717, 788; 2/126, 808, 996; 3/114, 290, 445, 1139, 1140; 4/135, 200, 291. См. также *Нитроцеллюлоза*
 предсозревание и созревание 1/730, 731
 применение 2/422, 504; 3/1268; 4/398, 1013; 5/39, 665
 свойства 1/610, 757, 859, 1100, 1102, 1103, 1154; 2/40, 223, 464, 994, 1278; 3/3, 34, 101, 712, 719, 730; 4/34, 36, 196, 392, 849; 5/57, 306, 662–664, 710
 смазки 3/1125
 сульфатная, см. *Сульфатный целлоксудифитная, см. Сульфитный целлоксудифитная* 2/634; 3/64, 127; 5/584, 999
 эфиры 5/667, 664–666, 668, 669, 981, 1006, 1007; 1/48, 65, 334, 652, 789, 1001, 1002, 1207; 2/40, 92, 629, 633, 634, 639, 1014, 1080, 1296; 3/253, 527, 902, 1088, 1116, 1135, 1136, 1139, 1140, 1168, 1264; 4/91, 840, 1013, 1204
 – метиловые, см. *Карбоксиметилцеллюлоза, Метилцеллюлоза*
 – оксимещенные, см. *Оксипропилцеллюлоза, Оксидиметилцеллюлоза*
 – этиловый, см. *Этилцеллюлоза*
- Целлюлозопиколовая кислота 2/633, 634**
- Целлюлолитические ферменты 5/661, 662**
- Целлюлосомы 5/662**
- Цельзиан 2/733; 3/1192**
- Цельсия шкала 4/1076, 1077**
- Цембрен 2/284**
- Цементация 5/669, 451, 452, 750; 1/833; 2/201, 232, 259, 260, 273, 445, 553, 1154; 3/7, 93, 475, 819; 4/321, 550, 808, 975**
- Цементит 2/255–257, 259, 271, 272**
- Цементы 5/669, 164, 172, 670–673; 1/454, 468, 544, 545, 716, 788, 870, 871, 975; 2/227–229, 255, 322, 348–350, 356, 582, 588, 606, 776, 800, 805, 806, 1246, 1248, 1319, 1320; 3/368, 439, 863, 1117, 1118, 1265; 4/138, 289, 333, 414, 679, 681, 752, 833, 834, 920, 1041. См. также *Портландцемент***
- Цена деления шкалы прибора 1/686; 3/639**
- Централиты 1/453; 2/934**
- Центрифугирование 5/673, 62, 674–677; 1/475, 708, 1105, 1106; 2/148, 392, 393, 791, 858, 859; 4/637, 819, 952**
- Центробежные методы**
 осаждение 4/282, 285, 286
 формирование полимеров 4/7, 11, 15; 5/233, 235
- Центробежные устройства**
 вентиляторы 2/881
 дистилляционные 2/165
 каплеуловители 2/614
 компрессоры 2/884–886
 мельницы 2/353–356; 4/139
 насосы 3/340–342
 сепараторы 1/931; 2/614
 смесители 4/737
 форсунки 4/346, 347
 центрифуги 5/673–677
 циклоны 2/614; 4/629
 экстракторы 4/611; 5/832, 833
- Центры**
 адсорбционные 2/230, 231, 688
 активные каталитические, см. *Катализаторы*
 – полимеризации 3/1266
 Бренстеда 1/1056, 1057; 2/664; 5/679, 680
 донорные в лигандах 2/1172
 карбанионные 2/620
 карбатионные 2/627, 628
 Льюиса 1/1056; 5/679, 680
 окраски 5/678; 2/1123
 хиральные 2/363; 5/538
- Цеолиты 5/681, 368, 682, 982; 1/52, 59, 62, 221, 754, 797, 897, 901–903, 1034, 1036, 1057, 1078, 1090, 1091, 1107; 2/13, 118, 210, 326, 327, 665, 667, 677, 797, 1093; 3/119, 122, 344, 361, 838, 967, 1065; 4/674, 679, 681, 699, 834, 967, 1005**
 катализаторы 5/679, 680–682; 2/674–676, 680
- Цепи(ь)**
 дыхательная 3/668–671
 как структурные фрагменты 2/1055, 1263–1266, 1322–1325; 5/246–248, 287. См. также *Силикаты, Фосфаты*, отдельные соединения и их группы
 превращений, см. *Цепные реакции и их стадии, Ядерные реакции*
 хемолазерные 2/1123, 1125–1127
 эластические активные 4/662
 электрохимические 5/917, 918; 2/429; 3/23; 4/154, 819–821, 1030
- Цепные реакции 5/682, 683–685; 1/1158; 3/346; 4/309, 721**
 в атмосфере и стратосфере 5/684
 в звуковых полях 5/60, 62
 в полимерах 2/38; 4/252, 814, 815, 821
 взрывные, см. *Взрывные реакции*
 виды и стадии 2/466, 755; 3/1256, 1257, 1266; 4/305–308, 311, 1026, 1027; 5/682–687. См. также *Инициаторы радикальные*
 внедрения, см. *Теломеризация*
 воспламенение 1/688, 689, 828, 829
 галогенирование 5/682–684
 гетерогенно-каталитические 2/663, 755
 горение 1/1164; 2/432, 433, 755; 4/755
 деления адр 5/1022
 и озонирование 3/660
 и хемилуминесценция 5/446
 ингибиторы 2/432, 433, 756; 3/545.
 См. также *Яды каталитические*
 квазиэстацонарные 2/715
 квантовый выход 5/350, 357
 колебательные 2/850
 механизмы 3/140
 неравновесная кинетика 3/429
 неравновесные 2/755, 756; 3/140; 5/685, 686, 689, 692
 низкотемпературные 2/1034
 окислительные 2/313, 433, 755; 3/79, 146, 666; 4/165; 5/548, 682–688, 690, 692
 период индукции 2/753, 754; 3/954
 пиролизные, см. *Пиролиз*

- полимеризация 2/698, 755; 3/516, 1266; 4/70
– радикальная, см. *Радикальные реакции*
порядок 4/149
прямой синтез соляной кислоты 4/755
радиационно-химические 4/293
радикальные неполомеризационные 2/313; 3/79, 146, 545, 666, 1062; 4/164, 165, 413, 415, 814, 815, 1123
разветвленные 1/18; 2/755, 756; 3/429; 5/686–692
самоускоряющиеся 1/18; 2/231; 5/689–692. См. также *Автоокисление*
твердофазные 4/413
туннельные 2/1034
фотохимические 3/181; 5/339, 340, 355, 682
хемолазерные 2/1123, 1125–1127
ядерные 5/1018, 1022
- Цепорекс** 5/697
Цепорин 5/697
Церазин 5/693
Церамидинозитилфосфонаты 5/314
Церамидпирофосфат 5/315
Церамидфосфаты 5/271, 314, 315
Церамидфосфоаминопропандиолы 5/314
Церамидфосфоглицерин 5/314
Церамидфосфоглицерофосфаты 5/314
Церамидфосфоинозитид 5/314
Церамидфосфоэтанолламин 5/314
Церамиды 5/692, 315, 693; 1/979, 980, 1137, 1140; 2/1190, 1191; 4/968
Цераминидазы 4/968
Цереброзиды 5/693, 692; 1/1137; 2/1189–1191; 3/49
Церевитинова метод 5/693; 1/1205; 2/648, 1236; 3/795; 4/803
Церезин 5/693, 694; 1/825–827; 2/34, 208, 312, 601, 901, 1318; 3/347, 446, 995, 996, 1125; 4/34, 725, 1163
Церий 5/694, 938; 4/192, 584
галогеиниды 4/436, 437; 5/695, 696
интерметаллиды 1/1081, 1082; 2/486; 4/684
карбид 2/624
карбонат 5/695
металлаты 2/1226; 3/516, 969; 5/631, 632
нитрат 2/1024; 5/695, 696
оксиды 3/409; 4/156, 157, 435, 436, 438, 586; 5/695, 696, 861
определение 1/242, 670, 1116; 2/1104, 1224; 3/703; 4/396, 397, 972; 5/694, 695, 867
органические соединения 1/169; 2/110, 203, 1147, 1148; 3/713, 767; 5/383, 695, 721
получение 2/1146; 4/435, 1257; 5/298, 651, 695, 696
применение 1/1063; 2/257, 1226; 4/669, 670; 5/197, 696, 920
свойства 1/341, 486, 1060, 1159; 2/383; 3/409, 955, 957, 958, 961; 4/318, 321, 331, 337, 431–434, 570; 5/118, 121, 163, 384, 694, 695, 865
сплавы 1/214, 216; 2/250, 537, 1249; 3/482, 484, 497; 5/696
сульфат 5/695
халькогениды 4/585, 618, 619, 910
цианид 5/703
Церопирохлоры 3/1077
Церуниин 1/146
Церулоплазмин 1/484
Церуссит 2/639; 4/591
Цеталит 4/555
Цетан 3/345; 5/696
- Цетановое число 5/696; 1/234, 643; 2/102, 103, 679, 1102; 3/117, 278, 448, 462, 464, 507; 4/174
Цетилацетоксусный эфир 4/833
Цетиловый эфир 3/876
Цетилпиридиний 1/339; 3/287, 1047, 1058
Цетилтриметиламмоний 2/1090, 1145; 3/185, 186, 287, 1058
Цетин 1/826
Цефодроксил 5/697
Цефазолин 5/697
Цефаклон 5/697
Цефалексин 5/697
Цефалоридин 4/1158; 5/697
Цефалоспоровые кислоты 5/697
Цефалоспорины 5/697, 111, 698, 699; 1/71, 320; 2/1134; 3/385, 928; 4/634
Цефалотин 4/1158; 5/697
Цефамандол 5/697, 698
Цефамидины 2/1134
Цефатразин 5/697
Цефбуперазон 5/698
Цефтриаксон 5/698
Цефменоксим 5/698
Цефметазол 5/698
Цефокситин 5/698
Цефоперазон 5/699
Цефотаксим 5/693, 698
Цефпирамид 5/699
Цефтриазидин 5/698, 699
Цефтриаксон 5/698
Цефуроксим 5/697, 698
Циамедия 5/705
Циацеллуловая кислота 3/37, 38
Циан 5/699, 43, 700–702, 795, 796. См. также *Дициан*
Цианазин 1/1033; 5/979
Цианакрилаты 2/807
Цианалы 5/700, 383; 2/978
Цианамид(ы) 5/701, 588, 702, 709; 1/362, 968; 2/6, 205, 402, 591, 620, 697, 870; 3/34, 280; 4/1140
Цианамидины 4/1249
Цианатная кислота 5/704. См. также *Циановая кислота*
Цианаты
неорганические 5/701, 129, 702, 705; 1/682; 2/572, 573, 620; 3/370. См. также *Псевдогалогениды*
органические, см. *Изоцианаты*
Цианатамиды 1/188, 742, 980; 2/1276; 5/707, 708
Циангалогениды 1/605, 968; 2/944; 3/516
Циангемоглобин 4/696
Циангидрины 1/328, 439, 440, 1116; 2/331, 746, 752; 3/516, 604, 700, 707, 708; 5/222, 793. См. также *Оксинитрилы*
Циангуанидин 1/1209, 1210; 2/205
Цианидин 1/347
Цианидирование, см. *Цианирование*
Цианиды. См. также соединения элементов и их групп
неорганические 5/702, 208, 588, 699, 700, 703, 785; 1/974–977; 2/183, 373, 374, 378, 403, 573, 591, 655, 863; 3/71, 512, 708; 4/482, 696, 1166. См. также *Псевдогалогениды*
определение 2/522; 3/969; 4/549; 5/151, 431
органические, см. *Изонитрилы*, *Нитрилы*
токсичность 2/242; 3/113; 5/703. См. также *Калий, цианид*
«черный», см. *Цианлав*
Цианиновые красители 1/238, 347, 492, 511, 527; 2/179, 180, 1228; 3/62, 129, 785, 817; 4/625, 626, 1117, 1118; 5/527
- Цианирование 5/703, 450, 451, 669, 704, 707; 1/974; 2/333, 334, 336, 565, 863, 943, 1154; 3/370, 502; 4/640, 1201
Цианистоводородная кислота, см. *Синильная кислота*
Цианистый водород 1/93, 117, 138, 439, 440, 487, 642, 1116, 1191, 1216; 2/342, 845; 3/101, 115, 116, 561, 1055; 4/223, 695, 696, 972, 1100; 5/222, 224, 416, 450, 523, 699, 700, 704, 986, 991. См. также *Синильная кислота*
Цианистый калий, см. *Калий, цианид*
Цианметилирование 2/213; 5/987
1-Циано-2-амино-1-циклопентен 1/47
Цианоаргентаты 4/639
Цианоаураты 2/333
Цианобактерии 5/343
м-Цианобензиламин 5/381
Циановая кислота 5/704, 88, 701, 705, 708; 1/566, 683, 968; 2/573; 3/37; 4/1253
соли, см. *Цианаты неорганические*
хлорангидрид, см. *Хлорциан*
Цианоген 1/1191
Цианогруппа 2/282, 779, 945, 946, 1154; 3/290, 510, 512, 513, 573; 5/704, 705
Цианодихиноны 3/225
Цианоизопропильные радикалы 1/80; 4/309
Цианокобальтамин 1/743
2-Цианокоричная кислота 3/538
α-(Цианометоксимино)-α-фенилацетонитрил 1/329, 330
1-Цианоафталин 3/516; 5/568
8-Цианоафталин-1-сульфокислота 2/315
Цианонокелаты 3/474
4-Циано-4'-октилтерфенил 2/287
Цианоолефины 3/515
Цианоорганосиланы 3/800
Цианоорганозтоксиланы 1/172
Цианоопиридины 1/243; 3/512, 673
Цианотипия 5/339
Цианоуглероды 5/705, 706
2-Цианофенилтиогликолевые кислоты 2/315
Цианоформ 2/1276
Цианофос 2/470; 3/708
Цианофосфорная кислота, эфир 4/971, 972
2-Цианофуран 5/428
4-Циахохинолины 5/526
2-Циано-2-(1-циклогексил)пропионовая кислота 1/999
4-Циаоциклопентен 4/169
Цианоэтановая кислота, см. *Циануксусная кислота*
Цианплав 5/706, 703, 707; 2/342, 696
Цианплен 5/86
α-Циантолуол 1/497
Циануксусная кислота 5/707, 584, 708; 2/813, 1274; 4/277
амид, см. *Цианакетамид*
эфиры 1/228, 455, 980; 2/1081; 3/109, 131; 5/707, 708, 1059
Цианураты 1/1071; 5/701, 708
Цианургалогениды 1/128, 353, 969; 2/81, 422; 3/34; 4/892, 1170, 1248–1250; 5/588, 708
Циануровая кислота 5/708, 701, 705; 1/566; 2/573, 620; 3/34, 38, 280, 281, 370; 4/1249
азид 2/466; 4/1250
амид 3/33–35; 5/708
галогензамещенные, см. *Цианургалогениды*
соли, см. *Цианураты*
10-Цианэтилен-9-антрон 1/358
Цианэтирование 5/709, 710, 987; 1/117, 131, 988
2-Цианэтилметакрилат 1/630
β-Цианэтилметилдихлорсилан 3/799
- трис-(2-Цианэтил)фосфин 4/1102, 1263; 5/14
Цианэтилцеллюлоза 1/118, 1134; 5/664, 667, 668
Цибалян-яркие красители 1/129
Цибаины 2/1095
Цибаитины 2/1097
Цибет 2/238
Цибетон 3/291, 292
Цигалотрин 3/1041, 1042
Цигексатиин 1/108; 3/763
Циглера реакция 5/710, 711, 712, 774; 2/111; 4/304, 1258
Циглера-Натты катализаторы 5/712, 15, 711, 713, 982, 983, 992; 1/176, 210, 631–633, 639, 1083; 2/93, 98, 376, 673, 674, 921, 922; 3/78, 79, 103, 159, 444, 739, 1220, 1224, 1226, 1268; 4/22, 30, 31, 62, 198, 850, 856, 857, 1089, 1185
Циказин 3/294
Циквалон 2/277
Цикл(ы)
ансамбли 1/141
Борна-Габера 4/814
Брелта правило 1/606, 607
Гейтанда 5/602
Гиффорда-Мак-Магона 5/603, 604
гликоксилатный, см. *Гликоксилатный цикл*
измельчения 2/351, 358
Кал(ь)вина 3/270; 5/347–349
Капицы 5/602, 603
Карно 4/1028; 5/596
классификация 2/351, 358
Кребса, см. *Трикарбоновых кислот цикл*
Кребса-Хензелейта 3/809–812
метаболические 1/556, 558, 559. См. также *Обмен веществ*
лактамин 2/1136–1140
мочевины 3/810
напряженные молекул 3/330–334
обратимые круговые термодинамические 5/593–605
орнитиновый, см. *Орнитиновый цикл*
пентозофосфатный, см. *Пентозофосфатный цикл*
получения водорода 1/786
расширение, см. *Расширение и сужение циклов*
режимы, см. *Циклические режимы*
Стирлинга 5/603, 604
термодинамического разложения воды 2/497
типы сочленения 1/372
Ферстера 5/338, 352
хелатные 5/440, 441
холодильные 5/594–605
Чугаева, правило 5/441
ядерный топливный 5/1030, 76, 1031; 4/320, 1220
Циклаза 4/810
Цикламаль 5/713
Цикламаты 3/1090; 4/900
Цикламен 5/713
Цикламенальдегид 5/713; 4/208, 237
Цикламовая кислота 3/1090
Циклены 5/720, 721
Циклены 5/731
Циклизация 5/713, 145, 224, 526, 527, 534, 714, 1010; 1/960, 1181; 2/83, 111, 116, 135, 347, 398, 413, 456, 457, 460, 462, 743, 815, 1096, 1143; 3/317, 323, 708, 980; 4/274, 799, 899, 909, 1118, 1120
аннуляция, см. *Аннелирование*
в пептидном синтезе 3/934
введение защитных групп 2/325, 326
внутримолекулярная, см. *Внутримолекулярные реакции*
восстановительная 3/408, 409, 1081; 5/520

- гомологизация 1/1162
и диспропорционирование 2/157, 158
и поликонденсация 3/1260, 1261
и ударные волны 5/53
имидизация 3/1246
каталитическая 2/678, 679, 1108, 1109; 3/477, 478, 1129
конденсация, см. *Циклоконденсация*
лактонизация, см. *Лактоны*
матричный эффект 2/986
межмолекулярная 3/72, 73, 1256; 4/70; 5/713
окислительная 2/381, 455; 4/801, 803
по Бишлеру-Напиральскому 1/567, 568; 2/398; 5/714
по Брунеру 5/197
по Вейкеру 5/989
по Ганчу 1/980, 981; 2/858; 4/1118; 5/713
по Гофману-Лёфлеру 1/1181; 3/1080; 5/714
по Демьянову, см. *Демьянова перегруппировка*
по Клайзену-Шмидту 2/787
по Кнорру 2/814-816; 3/870, 871; 5/713
по Кэмпсу 2/1108, 1109
по Михаэлю 3/180
по Паалю-Кнорру 2/815; 3/870, 871, 1079; 5/713
по Принсу 4/171
по Пшорру 4/278, 279
по Реппе, см. *Реппе реакции*
по Ружичке 3/1059; 5/713
по Скраупу 1/248; 3/385, 714; 4/718-720; 5/713
по Сторку 4/872
по Торпу-Циглеру 4/1221, 1222; 5/713
по Фишеру 5/197
по Циглеру 5/710, 711
по Чичибабину, см. *Чичибабина реакции*
присоединительная, см. *Присоединение реакции*, *Циклоприсоединение*
статистическая 2/695
термическая 2/618; 4/417
трансаннуляриная 4/1227; 5/721
фосфозфирная 5/314
фотохимическая 4/417
элиминирование 1/1180; 2/129; 4/416; 5/738
Циклизин 1/324, 325
Циклитол 5/714, 715
Циклиты 5/717, 718
Циклические источники излучений 2/502
Циклические методы
амперометрия 1/809
полярография 4/127
Циклические процессы
абсорбционные 1/11-14
адсорбционные 1/62
режимы 5/715, 716-719
фотохимические, см. *Электроциклические реакции*
Циклические соединения 5/719; 1/1180; 2/10, 170, 1326-1328. См. также индивидуальные представители и их группы
алифатические, см. *Алициклические соединения*
ароматические, см. *Ароматические соединения*
гетероатомные, см. *Гетероциклические соединения*
карбопроизводные, см. *Карбоциклические соединения*
катенаны 2/694, 695; 1/444; 3/787; 4/540, 858, 1214, 1215; 5/538, 719
конформации молекул 2/909, 910
мостиковые, см. *Мостиковые соединения*, *Циклофаны*
нефтей 3/458-465
полиэдры, см. *Полиэдрические соединения*
ротаксаны 4/450, 858, 1215; 3/787; 5/719
Циклические химические элементы 1/1015
Циклоаддукты 5/9
Циклоазохром 5/719, 720
Циклоалифатические соединения, см. *Алициклические соединения*
Циклоалкадиены 1/141; 2/98-102
Циклоалкакарбоновые кислоты 1/141; 2/1275
Циклоалканолы 1/141, 1025; 4/313; 5/733
Циклоалканоны 1/141; 2/344; 3/546; 4/313, 1190, 1191
Циклоалкаиполионы 3/723
Циклоалканы 5/720, 142, 607, 719, 721, 722, 731-733, 738; 1/141, 142, 307, 379; 2/14, 670, 671, 697; 3/330, 331, 407, 408; 4/1074, 1227
Циклоалкены 1/141, 658; 2/131, 670, 671; 3/331, 531; 4/312; 5/10, 721, 731. См. также *Циклоолефины*
Циклоалкилбораны 1/594, 595, 599, 600
Циклоалкины 1/141; 3/331
Циклоалкоксильные радикалы 4/313
Циклоамилоза 2/988, 989
Циклоаминирование 2/83, 1138
Циклоартенол 4/860
Циклоат 1/1030
Циклоацетат 1/651
Циклоацилоны 1/444
Циклобарбитал 1/999
Циклобутадие 1/312, 313, 376, 676; 2/275; 3/251; 4/47; 5/721
комплексы переходных металлов 5/721; 2/275; 3/82, 477, 875, 1131
Циклобутан(ы) 1/142, 174; 2/366, 1272; 3/330, 331, 964; 4/515, 1212; 5/355, 720
галогензамещенные 5/721
1,2-дикарбоновая кислота 3/571
1,3-дион 2/740
Циклобутанол 5/356
Циклобутанон 2/741; 4/1213; 5/737
Циклобутенодигидропиразолы 2/65
Циклобутенон 2/741
Циклобутены 1/841-843; 3/331, 477, 724; 4/641; 5/721, 731-733, 738, 927, 928
Циклогексациклены 1/531, 532
Циклогексацикленовые радикалы 4/311
Циклогексациклены 1/369
Циклогексациклены 1/371; 3/915
Циклогексациклены 1/432, 1163; 2/1288; 3/915; 4/512, 566
1,3-изомер 5/721, 722; 2/97, 99
1,4-изомер 1/69, 512, 542; 5/722
комплексы переходных металлов 2/97; 3/84; 5/905
Циклогексан(ы) 5/722, 36, 56, 133, 358, 720, 721, 724, 736; 1/5-8, 46, 119, 374, 375, 416, 512, 513, 633, 684, 754, 831, 1163; 2/108, 221, 297, 615, 637, 846, 907, 912, 913; 3/330, 333, 378, 380, 462, 533, 574, 580, 726; 4/69, 257, 363, 421, 501, 969, 1074
Циклогександикарбоновые кислоты 2/83
Циклогександиолы 3/46; 4/448
1,2-Циклогександион 5/722
диоксиды 5/722, 723
Циклогександионы 4/426, 1107
Циклогексанкарбалдгид 5/733
Циклогексанкарбоновые кислоты 2/616, 643; 5/733
Циклогексанокраун-эфир 2/984, 985
Циклогексанол 5/723, 133, 446, 722, 724; 1/46; 2/131; 4/34, 286, 801, 802, 804, 854
Циклогексанон 5/723, 127, 133, 236, 543, 722, 724; 1/46, 141, 464; 2/71, 248, 369, 615, 618, 744, 745, 909, 997; 3/492, 994, 1223; 4/51, 92, 396, 981
оксим 1/469, 1094; 2/615; 3/701, 703
Циклогексантиол 4/1136
Циклогексантриолы 4/1269
Циклогексантрионы 4/1269
Циклогексеи 1/46, 187, 628, 1163; 2/909, 911; 3/407, 875, 964, 1177, 1178; 4/288, 1095, 1108; 5/731, 733
1,3-Циклогексеидион 1/1026
Циклогексенилацетат 5/724
5-(1-Циклогексенил)-1,5-диметилбарбитуровая кислота 1/999
Циклогексенилциклогексанон 5/127
Циклогексеносид 3/731; 4/288
2-Циклогексеиолацетат 1/187
Циклогексил 3/569
Циклогексилламин 1/306; 2/118, 620, 777; 5/521
N-Циклогексил-2-бензотиазолсульфенамид 1/630, 634, 636, 846; 2/377; 3/62
2-Циклогексил-4,6-динитрофенол 3/563
4-Циклогексилденциклогексанон 5/724
Циклогексилпропилбензолгидропероксид 1/636
Циклогексилэтилендиамин 2/401
Циклогексилнитрат 3/278
Циклогексильный спирт 4/801, 802. См. также *Циклогексанол*
Циклогексилсульфаминовая кислота 4/900
Циклогексил-п-терфенилы 4/1095
N-Циклогексилтиофталмид 1/847
Циклогексилхлорид 1/946
Циклогексимид 5/422
Циклогексадеканон 3/291
9-Циклогексадеценон 3/291, 292
Циклогептан 2/910; 3/407; 4/744, 969; 5/20, 720
Циклогептанон 2/71; 4/257; 5/724
1,3,5-Циклогептатриен 5/724, 20-22, 634, 725; 2/1288; 3/579
Циклогептатриенилий 5/20
Циклогептан 3/407; 5/724
Циклогептатриация 2/11; 3/1038; 4/26; 5/197, 714, 943
Циклогептидгалоогенирование 3/732; 5/714
Циклопекан 4/607; 5/720, 721
Циклопекстрины 2/31, 798, 988; 3/347, 749; 5/724
Циклопексен 4/1227; 5/732
Циклопексидифосфетидины 2/764
Циклопексидометан 2/68, 69
Циклопексиды 2/274, 275; 3/444; 5/928
Циклопексидизация 1/841; 2/643, 644, 740, 741; 3/251, 964, 985, 986
Циклопексидфазаны 5/240, 241
Циклопексиды 5/725, 720, 726
Циклопексиданол 5/725, 726
Циклопексиданон 3/291, 726
1,5,9-Циклопексидатриен 1/143, 185, 628; 3/476; 5/725, 731
Циклопексиден 5/731, 733
Циклопексидол 4/238
Циклокарбонаты 5/239
Циклокетонизация 5/713
Циклолакины 5/967, 968
Циклоконденсация 1/980, 981; 2/8, 22, 787, 858; 3/1074; 4/529; 5/713
по Денбур-Миллеру 2/1081
по Ненишеру 3/408
по Чичибабину 2/1081; 5/778
Циклолазы 2/1169, 1170
Циклолинейные полимеры 1/175; 2/1014, 1016, 1017
Циклометаллирование 2/537, 651, 873, 874; 3/72, 874; 4/534, 565
Циклональ 5/726; 3/178
Циклонтит 1/1000
Циклононан 5/720, 721
Циклононанон 4/607
Циклононии 1/141
Циклоны 5/726, 727-729; 1/898, 931, 1104, 1105; 2/614, 683, 791; 4/282, 283, 285, 286, 629
Циклооксигеназа 1/296; 4/211, 212
1,5-Циклооктаден(ы) 1/143; 2/97, 374; 3/104, 476, 736, 875; 5/634, 793
Циклооктаи 2/108, 910; 3/331; 5/720, 729
Циклооктанолы 4/1227; 5/729
Циклооктанон 1/64
Циклооктатетраен 5/729, 83, 634, 763; 1/143, 313, 430, 987; 2/98, 1147, 1328; 3/79; 4/300, 501, 1227
Циклооктен 1/392; 3/104, 331; 5/729-731
Циклооктил 1/1030
Циклооктилтриметиламмонийгидроксид 1/392
Циклоолефины 5/731, 341, 439, 732, 733, 976; 2/82, 623, 671, 674, 935; 3/104, 406-408, 444, 1058
каучуки 5/729, 730, 731, 735
Циклоолигомеризация 1/433; 2/986, 1327, 1328; 3/104, 477, 478; 4/501
Циклоорганополистаны 3/762, 763
Циклопарафины 5/720, 721. См. также *Циклоалканы*
Циклопентадекан 5/720
Циклопентадеканон 3/291, 292
1,3-Циклопентадиен 5/733, 165, 166, 414, 532, 635, 734-736; 1/105, 141, 709, 823, 998, 1216, 1217; 2/93, 99, 100, 111, 205, 206, 376, 746, 777, 1054, 1148; 3/45, 46, 82, 251, 390, 407, 444, 534, 579, 582, 1031, 1061; 4/468, 976, 1160
Циклопентадениды 2/100, 1172; 5/83
Циклопентаденилиден 2/622
Циклопентаденильные соединения
комплексы переходных металлов 5/734, 83, 165, 415, 634, 635, 735, 763; 1/597, 676, 823, 824, 987; 2/98, 182, 274, 362, 674, 830, 919, 1147, 1148, 1288; 3/82, 91, 92, 251, 252, 477, 478, 493, 494, 735, 826, 875, 1131; 4/468, 552, 566, 596, 641, 976, 986, 1113, 1184, 1185. См. также *Металлоцены*, *Ферроцен*
фульены 5/413, 354, 414, 415, 734; 1/375, 377, 512, 823; 2/746
Циклопентадиенон 1/433
Циклопентан 2/108; 3/331, 332, 346, 378, 595; 4/69, 169, 256, 257; 5/720, 730, 734, 735
Циклопентанкарбоновая кислота 3/377; 4/538
Циклопентаногептадиен 2/438
Циклопентаон 1/46; 4/1212; 5/573
Циклопентаноперифторфенантрен 4/864
Циклопентануксусная кислота 3/377
Циклопентапирициклобутан 4/799
Циклопентафосфины 5/307
Циклопентен 5/735, 434, 730, 733, 734; 3/331, 332, 731, 1031
Циклопентеноны 2/106; 3/324
Циклопентилидициклопентаи 5/735
1-Циклопентилциклопентен 5/735
Циклопентин 1/531
Циклопептиды 1/134; 2/414; 3/923, 924
Циклопироксоламин 4/228, 229
Циклополиамины 2/549

- Циклополиены 2/275; 4/1227; 5/643, 644
- Циклополимеризация 4/51, 70
- Циклополиолефины 4/501; 5/634
- Циклополифосфины 1/964
- Циклоприсоединение 5/736, 9, 705, 713, 724, 725, 737, 738, 783; 1/143, 375, 841–843, 992; 2/129, 360, 361, 372, 373, 420, 626; 3/28, 317, 514, 549, 556, 581, 739, 791, 964, 983, 985; 4/67, 176, 416, 896, 899, 934, 1108 в звуковых полях 5/60
- дипольное 2/403, 404; 3/549, 554, 674, 680, 739, 1045; 4/426; 5/738
- ионное 5/738
- по Дильсу–Альдеру, см. *Диеновый синтез*
- по Патерно–Бюхи 3/891, 892
- по Релле 4/171, 501
- региоселективное и региоспецифичное 4/426; 5/736–738
- фотохимическое 2/746; 3/685, 891; 4/208, 1218; 5/733, 737, 738
- хелатное 5/442, 365, 443
- Циклопропан 5/738, 259, 442, 607, 713, 720, 721, 739, 740, 927; 1/141–143, 180, 379, 597, 1162, 1180; 2/75, 362, 410, 623, 697, 741, 750; 3/330, 334, 507, 672, 874; 4/421, 515, 688, 689, 693, 694, 812
- Циклопропановое 2/277, 410; 3/739. См. также *Циклопропан*
- Циклопропанкарбиновая кислота 5/740
- Циклопропаноны 2/741; 5/95, 96
- Циклопропен 1/177; 3/331; 5/443, 731–733
- Циклопропенилен 5/731
- Циклопропенили соли 2/1276; 5/732
- Циклопропилциклогексан 1/141
- Циклопроптин 3/1042
- Циклораспад 3/964; 5/364, 442, 443
- Циклорекция Принса 4/171
- Циклореверсия 5/738
- Циклосативеи 4/659, 660
- Циклосерин 5/740; 1/320, 321, 396; 2/361; 3/924, 927, 928, 937; 4/241
- Циклосилоксаны 2/1013, 1014, 1266; 3/1265
- Циклоспирин 2/426; 3/934
- Циклостероиды 4/864
- Циклотетрадекагептаен 1/312
- Циклотетрадексан 5/720
- Циклотетраметилтетрамин 3/729
- Циклотетраметилтетраэнтрантин 1/608
- Циклотетрапептид 2/414
- Циклотридексан 5/720
- Циклотримеризация 2/831; 3/839; 4/53, 163, 195, 501, 1249; 5/725
- Циклотриметиленитринитрамин 1/1000
- Циклотрифосфаты 5/251, 253
- Циклотронный резонанс 5/740, 741, 742; 2/502, 1314; 4/334
- ионный 2/524, 620, 777, 1314; 3/141, 142; 5/741
- Циклоуидексан 5/720
- Циклофаны 5/742, 719, 743–745; 3/1262
- Циклофосфазаны 5/242
- Циклофосфазены 5/240–242
- Циклофосфамид 5/745
- Циклофосфат 5/745; 2/95, 426, 605; 4/220, 234
- Циклофосфаты 2/267; 5/255
- Циклофосфиты 5/308
- Циклофрагментация 5/366
- Циклохлоратин 5/1051
- Циклоцитриденацетон 2/517
- Циклоэлиминирование 2/129; 4/416; 5/738
- Цикутоксин 5/1054
- Цилиндровое масло 4/1115
- Цилорик 1/188
- Цимантреи 2/1288
- β-D-Цимароза 4/880
- Циметидин 1/324, 325
- Циминал 1/338
- Циммермана реакция 1/1149
- Цимолы 2/1173
- о- и м-изомеры 3/57, 58
- л-изомер 5/745, 746, 773, 778; 1/373; 2/600, 1179; 3/57–60, 292; 4/197, 714, 920, 1055, 1091, 1093
- Цинеб 4/247; 5/417, 987
- Цинеол 5/746, 1004; 4/1093
- Цинерин 3/1040
- Цинеролон 3/1040
- Цинерубин 1/356
- Цинк 5/746, 54, 936, 938; 1/550, 768, 769; 2/1153; 3/170, 849, 857, 1194
- амальгамы 1/222, 223, 436, 530; 2/745, 809; 3/57, 102, 181, 583, 1026; 4/512, 867, 975, 1139, 1193; 5/74, 669, 838
- амид 1/231, 232
- амины 1/335, 748
- ацетат 5/750, 137, 751; 4/449
- бораты 3/979; 5/400
- галогениды 5/751, 86, 277, 747, 752; 2/325; 3/102; 4/512, 693
- гидриды 1/591; 2/1205; 5/747
- гидроксид 1/1092; 2/436, 779; 3/1011, 1012; 5/632, 748, 752
- гидроксосоли 5/748, 752
- интерметаллиды 1/331, 332, 384, 385; 2/480, 481, 483, 484, 1201, 1226, 1331; 3/256, 308; 4/685, 943; 5/747, 748
- карбиды 5/747
- карбонаты 2/637, 639; 5/746, 748, 750, 751
- металлаты 1/206, 383, 823, 1035; 2/322, 1079; 3/1011, 1012; 4/491, 714, 1184; 5/429, 631–633, 656, 746, 748–750, 752
- нитрат 1/96; 3/504, 973; 4/745; 5/750, 752
- нитрид 5/747
- оксиды 5/752, 73, 199, 332, 333, 363, 552, 563, 572, 746, 747, 749–751, 755, 925; 1/111, 136, 138, 335, 338, 437, 645, 646, 846, 870, 901, 904, 974, 1035, 1044, 1045, 1055, 1057, 1110; 2/186, 239, 240, 553, 672, 677, 767, 800, 805, 806, 1003, 1079, 1210, 1226, 1227; 3/89, 370, 698, 775, 906, 907, 991, 1011–1013; 4/42, 109, 129, 142, 283, 444, 502, 503, 550, 588, 592, 627, 673, 706–708, 782, 837, 838, 1191. См. также *Белила*
- определение 1/348, 381, 408, 508, 529; 2/142, 174, 451, 550, 565, 710, 838, 870, 1057, 1090, 1104, 1231; 3/113, 124, 169, 714, 969, 1036, 1058; 4/399, 448, 936, 1126, 1250; 5/19, 149, 151, 637, 719, 750
- органические соединения 5/757, 123, 220, 223, 377, 417, 712, 747, 750, 752, 935; 1/167, 262, 280, 286, 337, 571, 647, 846, 922, 1193; 2/175, 176, 409, 554, 602, 603, 746, 923, 1085, 1086, 1149, 1171; 3/9, 81, 107, 277, 285, 349, 378, 537, 539, 713, 897, 906, 981, 1020, 1036, 1115, 1197; 4/51, 129, 165, 172, 174, 438, 494, 512, 641, 726, 986, 1140, 1148, 1185, 1191, 1253
- пероксид 3/972, 973
- перхлораты 3/360, 652, 990
- полимеры 5/617
- получение 1/977, 1019, 1020, 1103, 1104; 2/84, 87, 164, 177, 552, 573, 580, 1210; 3/4, 7, 9, 89, 93, 412, 475, 637, 698, 1000, 1068, 1069; 4/560, 561, 591, 592, 613, 639, 820; 5/106, 205, 207, 210, 211, 651, 749, 750, 752, 753, 755, 833, 854, 895, 923
- применение 2/949, 1226, 1227, 1240; 3/71, 87, 94, 160, 161, 624, 911, 1221; 4/435, 594, 975, 1007; 5/299, 470, 750, 756, 901, 908, 909, 918, 920. См. также *Цинкование*, *Цинковые материалы*
- свойства 1/191, 401, 527, 726, 833, 947, 956, 965, 972, 998, 1049, 1069; 2/10, 41, 77, 282, 295, 322, 442, 522, 606, 642, 647, 664, 670, 671, 677, 767, 812, 920, 944, 1108, 1155, 1162, 1201, 1227, 1331; 3/57, 74, 75, 96, 97, 99, 111, 126, 244, 255, 305, 432, 502, 522, 527, 559, 561, 565, 691, 949, 955, 957, 958, 1035, 1051, 1079, 1193; 4/99, 258, 349, 512, 513, 550, 593, 671, 693, 694, 745, 751, 803, 813, 895, 916, 923, 946, 973, 1022, 1077, 1106, 1133, 1159, 1160, 1164–1167, 1174, 1204, 1205, 1250, 1251, 1266; 5/5, 7, 16, 20, 44, 74, 125, 140, 142, 159, 195, 243, 273, 385, 410, 432, 704, 724, 740, 746–749, 756, 757, 776, 856
- силикаты 1/337; 2/1226; 4/674; 5/407, 746, 748, 749, 752
- сплавы 5/752, 371, 750, 753; 1/214–216, 343; 2/321, 453, 454, 949, 1112, 1124, 1202, 1249, 1331–1333; 3/71, 475, 518, 753, 754, 758; 4/114, 115, 532, 640, 809, 945
- сульфат(ы) 5/753, 669, 748, 749, 754–756, 838, 918; 1/338, 731, 733, 870, 974, 1049, 1221; 2/321, 552, 1210; 3/412, 583; 4/393
- сульфиты 5/748
- тиосульфаты 2/710; 5/748
- тиоцианат 5/748
- феррит 2/734; 3/1012; 5/163, 749
- фосфаты 1/1077; 2/310, 1130, 1226; 3/1012; 5/250–252, 748–750
- фосфины 2/341; 5/256–258, 747, 748
- халькогениды 5/754, 4, 208, 371, 746, 747, 755, 756; 1/901, 1015; 2/77, 221, 370, 443, 710, 831, 1056, 1061, 1225–1227; 3/165, 774, 776, 1011, 1012; 4/24, 46, 109, 111, 112, 555, 560, 598, 617–619, 630, 633, 782, 893, 910, 911, 1022–1024
- хлорат 2/944
- хлорид(ы) 5/756, 5, 6, 16, 57, 86, 142, 195, 367, 369, 372, 449, 567; 1/79, 597, 948, 982, 983, 1084, 1147; 2/8, 19, 236, 239, 274, 778, 697, 889, 1082, 1162, 1210; 3/40, 113, 126, 282, 501, 528, 530, 631, 697, 722, 763, 1023; 4/169, 175, 205, 448, 713, 757, 946, 1027, 1116, 1131, 1155, 1165
- цианиды 1/983; 5/449, 702–704, 748
- цинкит 2/223; 5/746, 752
- Цинкование 1/973, 974; 2/321, 1130; 5/451, 750, 751
- Цинковые материалы 5/487, 488, 749
- Белила 1/1208; 2/1015, 1296; 3/991, 1011–1013; 4/602; 5/750, 752, 756
- германиевый гранат 1/1035
- катализаторы 2/211, 615
- кроны 1/1208; 2/330, 1079; 3/1011, 1012; 5/134
- купорос 5/756
- минералы 2/223; 4/904; 5/746, 752, 788
- мыла 2/1296; 4/669, 670
- пыль 1/490, 1093, 1208; 2/142, 553, 1148; 3/380, 945, 1012, 1079; 4/274, 673; 5/124, 130, 377, 380, 740, 749, 750
- смазки 3/1125
- стекла 4/835
- удобрения 5/756, 749, 750, 754, 757; 2/870
- цемент 1/871
- Цинк 5/220
- Циннамет, метаболизм 3/613, 617, 618
- Циннаматы 1/511; 2/936; 5/130
- Циннамиллацетат 2/937
- Циннамиллизообутират 2/937
- Циннамиллицинат 2/936, 937
- Циннамины 3/472
- Цинниарин 4/773, 774
- Циннивалдт 4/555, 723
- Циннолины 5/757, 758; 1/520–522
- Цинтля фазы 3/76; 4/102, 106, 107
- Цинхомероновая кислота 5/758, 759
- Цинхонамины 5/537
- Цинхонидин 1/668
- Цинхонин 1/736; 5/526, 537, 1015
- Цинхониновая кислота 5/526
- Цинхофеи 1/195
- Циодри 2/472
- Циперметрин 3/1041
- Ципрогептадин 1/324, 325
- Ципротерон 1/1048
- Ципрофлоксацин 4/231, 232
- Цирам 4/494, 495
- Циркаллои 5/766
- Циркон 1/983, 1018, 1021, 1022; 2/222, 733; 4/326, 434, 436, 464, 675, 681; 5/112, 206, 759, 761–763, 765
- Цирконаты 3/433; 5/761, 765
- Циркоий 5/759, 761, 938; 3/849
- амальгамы 1/223
- бориды 1/583, 584; 2/736; 5/760
- галогениды 5/764, 393, 503, 760–762, 765; 1/949, 950, 983; 2/673, 1125; 3/89, 90, 577, 1069; 4/835, 1020
- гидриды 1/591, 1081; 2/13; 5/760, 766
- гидросульфаты 5/761
- дихромат 5/762
- интерметаллиды 1/1037; 2/481, 485; 3/753; 5/760
- карбид 5/766, 760, 763, 765; 2/260, 624; 3/1093; 4/1009
- карбонаты 5/762
- кислоты 5/761
- металлаты 1/383, 1035
- метеоритный 2/963
- нитраты 5/761
- нитриды 3/249, 509; 4/1009; 5/52, 760, 762, 766
- оксид(ы) 5/765, 333, 759–764, 861, 862, 915; 1/458, 785, 786, 892; 2/51, 53, 200, 222, 250, 547, 672, 675, 677, 734, 736, 768, 800, 879, 903; 3/91, 324, 325, 390, 417, 433, 483, 498, 499, 649, 650; 4/333, 565, 627, 711, 785, 838, 1003, 1006
- определение 1/336, 380, 381, 428, 617; 2/519, 710, 731, 1090, 1104, 1224; 3/124, 272, 705, 1058; 4/786, 935, 936, 1221; 5/128, 619, 762
- органические соединения 5/763, 383, 712, 713, 762, 764; 1/166, 168, 169, 364, 365; 2/632, 674, 731; 3/767, 1056; 4/856
- перхлорат 1/1193; 3/990, 1193
- питтит 3/1087, 1088
- получение 1/1103, 1104; 2/87, 496, 580, 1045, 1235; 3/89–93, 349, 635, 1001, 1070, 1193; 4/139, 142, 561, 621, 681, 1165; 5/298, 407, 497, 503, 651, 760–764, 833, 854, 895, 923, 926
- применение 1/214–218, 832, 1063; 2/670, 733; 3/87, 403, 650; 4/669, 670, 875; 5/762, 763
- свойства 1/983; 2/84, 282, 383, 561, 671, 673, 674, 767, 1075; 3/97, 99, 257, 955, 958, 975, 1075; 4/321, 331, 334, 349, 431, 433, 434, 574,

- 710, 813, 1009, 1013; 5/759–762, 766
- силикаты, см. *Циркон*
- силициды 2/801; 4/684
- сплавы 5/766, 760–763, 767; 1/819; 2/548, 1153, 1241, 1249, 1318, 1333; 3/88, 100, 249, 349, 497, 498, 754, 758, 873; 4/584, 712, 809, 984, 985, 1180, 1181
- титрид 5/4
- феррит 5/163
- фосфаты 1/504, 541, 557; 5/761
- фосфиды 5/760
- халькогениды 4/618, 910; 5/760
- Цирконоген 2/674; 5/712, 713, 763, 764
- Циркуляционные процессы
- выпаривание 1/848, 849, 852
- дистилляция нефти 2/169
- перемешивание 4/735
- сушка 4/955, 956
- Цис..., транс... 5/767, 773, 927, 928; 2/303; 3/1224, 1225
- Цистамины 3/198; 4/326; 5/768
- γ-Цистиноназа 5/767
- Цистатионы 3/619, 620
- Цистатионы-γ-лаза 5/767; 2/1169
- Цистеамин 3/63, 64, 619, 620, 879; 4/326
- Цистеат 3/613, 619, 620
- Цистеин 5/768, 2, 159, 161, 162, 217, 415, 767, 772, 954; 1/165, 166, 202, 250, 741, 1098, 1144, 1152, 1153; 2/22, 34, 35, 407, 487, 577, 695, 735, 736, 875, 1171, 1228, 1321; 3/36, 198, 613, 619, 620, 624, 881, 931; 4/189, 190, 634, 758, 893, 894, 917, 1260, 1261
- Цистенилглицин 1/1152
- 8α-(5-L-Цистенил)флавинаденидин-нуклеотид 4/523
- Цистеиновая кислота 4/923; 5/768
- Цистеинсульфиновая кислота 4/917
- Цистин 5/768, 217; 1/250, 253, 1012, 1150; 2/171; 4/634, 893, 1127, 1260
- Цитаранин 1/1129; 3/599; 4/235
- Цитидиловая кислота 2/1323
- Цитидин 3/173; 4/493, 519, 597, 598, 811, 1238
- Цитидиндифосфатгллицерин 2/187, 1191; 5/269, 272
- Цитидиндифосфатрибрит 4/1011
- Цитидиндифосфатхоллин 2/1191; 5/245
- Цитидиндифосфатаноламины 2/1191
- Цитидинмонофосфатсигнальные кислоты 1/980
- Цитидинтрифосфат 2/1191; 3/813; 5/591
- Цитизин 1/291, 292; 5/524, 525, 593
- Цитовавтограф 5/770
- Цитозин 1/1012, 1013; 2/877; 3/295, 297, 300, 585, 586, 596, 812, 813, 1051, 1052; 4/510, 522; 5/450
- Цитозиндезаминазы 4/230
- Цитозинтрифосфат 1/396, 1152; 2/1169
- Цитокинины 5/768, 195, 769; 1/15; 4/428, 429
- Цитоксан 5/745
- Цитостатики 1/64; 2/1156; 4/220
- Цитотоксические вещества 4/1195
- Цитофотометрия 5/769
- Цитохимия 5/769, 770
- Цитохром-с-оксидаза 5/770, 771, 772, 1054; 1/558; 2/241, 242, 968; 3/50, 51, 517, 670
- Цитохром-b₅-редуктаза 3/50
- Цитохромы 5/772, 34, 109, 345, 346, 770, 771, 773; 1/470, 472, 475; 2/241, 968; 3/36, 50, 51, 503, 622, 669, 670, 697; 4/144, 524, 541, 861
- Цитраконовая и мезаконовая кислоты 5/773; 3/570
- Цитраконовый ангидрид 1/476; 2/544; 5/773, 1059
- Цитраль 5/773, 774, 1000, 1004, 1006; 1/198, 1024; 2/237, 517, 1180; 3/1089; 4/495
- Цитрамалат 3/617, 618
- Цитрат, метаболизм 3/617, 618; 4/1259–1261
- Цитрат-оксалоацетатлиаза 4/1259, 1261
- Цитраторастворимые удобрения 2/870; 3/564
- Цитратсинтазы 1/611; 2/969
- Цитраты 1/975; 2/1179; 5/719
- Цитрин 2/222, 1027
- Цитронеллаль 5/774, 773; 1/198, 1096; 3/60
- Цитронеллилбутират 2/1295
- Цитроноевое масло 1/198, 1024; 4/494; 5/112, 774, 800, 1003, 1004, 1006
- Цитронеллол 5/774, 773, 1004, 1006; 1/1096; 2/237; 4/539
- Цитруллин 1/362; 3/619, 620, 809–812; 4/1260–1262; 5/970
- Цифлутрин 3/1042
- ЦТМ, антидетонатор 1/326, 327
- ## Ч
- Чамичана-Денишедта реакция 4/341
- Чановое выщелачивание 3/7
- Чаоит 5/43
- Чаргаффа правило 3/586
- Частоты
- колебаний молекул 2/852–855
- пороговой фотоэмиссии 5/362
- Чашечные устройства
- классификаторы 2/791
- манометры 2/1281, 1282
- форсушки 4/347, 348
- Чашки
- капели 4/184
- Петри 3/818, 1124, 1254
- шерберы 4/183
- Чебышева неравенство 3/138
- Чепмена реакция 5/775
- Черенкова-Вавилова излучение 4/329
- Чермнгит 2/731
- Черная металлургия 3/92–96, 695; 4/560, 806. См. также *Железа сплавы, Стали, Черны, Чугуны*
- Чернение фотоизображения 5/457
- Черны 1/428, 990; 2/535, 766, 796; 3/134, 253, 323, 873, 1128–1130; 4/533, 563, 564, 592–594, 1020
- Чернила 1/672; 2/462, 701, 775; 3/131, 472, 834; 4/29, 204, 979; 5/413, 619, 957
- Черно-белая фотография, см. *Фотография черно-белая*
- Чернобыльская авария 4/337
- Черное тело 4/1047; 5/645, 653
- Черные материалы
- железоокисные пигменты 2/274
- красители 2/998, 999; 3/381, 694. См. также *Анилиновый черный лак для обуви 2/462*
- металлы и сплавы, см. *Черная металлургия*
- пленки 5/776; 2/859; 4/1207
- пороха, см. *Дымные пороха*
- шелок 4/903, 904
- «Черные пятна», см. *Диффузионно-контролируемые реакции*
- «Черный хром» 1/976
- Черикала-Айнхорна реакция 1/106
- Чесночное масло 2/76
- Четверная связь 2/983, 984
- Четвергичные соединения. См. также *индивидуальные представители и их группы*
- аммониевые, см. *Аммоний*
- ониевые, см. *Ониевые соединения*
- Четвертое агрегатное состояние вещества 3/1095
- Четыреххлористый углерод 5/776. См. также *Тетрахлорметан, Хладоны*
- получение 1/998; 2/591; 3/101, 113; 4/654, 1106; 5/556
- свойства 1/6–8, 254, 427, 614, 715, 834, 965, 1157; 2/111; 143, 173, 177, 186, 243, 466, 493, 496, 498, 597, 625, 631, 638, 646, 698, 810, 1043, 1088; 3/225, 495, 496, 536, 631, 652, 653, 656, 738–740, 750, 817, 940, 943, 948, 952, 1059, 1227; 4/28, 157, 169, 225, 312, 344, 359, 444, 445, 606, 983, 1142, 1192, 1253; 5/6, 8, 43, 56, 256, 416, 579, 661, 691, 777, 820, 1025
- Чилийская селитра 1/92, 102, 103; 3/347, 357
- Чилтона (Чильтона) – Колборна (Кольборна) соотношения 2/1303; 3/1142
- Чиспы 3/1010
- Чиркитоксин 5/1043, 1046
- Число(а)
- Авогадро, см. *Авогадро постоянная*
- агрегации молекул ПАВ 3/181, 184
- аминное 3/741
- Архимеда 3/1184
- ачильное 1/445
- Бно 2/1304; 3/1184; 4/1046; 5/821
- Боденштейна 3/1184
- бромное 1/615, 616
- Вебера 3/1183
- «водное» смол 3/35
- волиное 2/492
- газовое 4/134
- газокинетическое 3/259
- Галилея 3/1184; 4/1047
- Генера 2/306; 4/378, 380; 5/25, 551
- гидрирования 1/1083
- гидроксильное 1/1096; 2/306, 660; 3/1186
- гомохронности 3/1184
- Гуагофа 2/1301; 3/1183; 4/1047
- Гухмана 3/1184
- Дамкёлера 3/1100, 1101
- донорное 2/780
- зарядовое 2/320, 513, 521; 3/47, 431, 1086; 5/499
- иодное 2/497, 304, 306, 498, 660; 3/3, 1186; 4/378, 573; 5/25
- квантовые, см. *Квантовые числа*
- кислотное 2/769, 304, 306, 308, 770; 3/447, 764; 4/378; 5/1002, 1012
- кластерных валентных электронов 2/793–795
- Кнудсена 1/446; 3/237
- ковшовое 2/844, 845; 3/448
- компонентов системы 5/97–100
- координационное 2/920, 527, 924, 925, 1063, 1172; 1/665; 3/66, 97, 165; 4/747, 748
- Лошмилта 2/1214
- Льюиса 2/1257
- люминесцентное 2/1224, 1225
- Ляшенко 3/1184
- массовое 1/403, 408; 2/394; 3/604, 605; 5/1017, 1031
- Маха 1/447; 3/238, 946, 1184
- независимых параметров состояния 2/312
- Нуссельта 2/543; 3/1183; 4/1047, 1049, 1050
- Ньютона 3/1183
- оборотов реакции 1/126, 1050
- окислительное 1/664, 665; 4/848
- октановое, см. *Октановое число*
- омыления 3/764, 1186; 2/304, 306, 769; 4/378, 380; 5/25, 1002
- Пекле 2/1257, 1301; 3/1183; 4/282
- пеистрации 3/1123
- переноса 1/10, 13; 2/194, 864, 1306; 5/899
- подобия 3/1181–1185
- Поленске 4/378, 380; 5/551
- Прандтля 2/1257; 3/944, 1183; 5/30, 31, 170
- пробегов реакции 5/505
- Реймольдса 1/447, 1105; 2/890–892, 1257, 1301; 3/820, 821, 1141, 1183; 4/350, 1046, 1047, 1049, 1050; 5/170
- Рейхарта-Мейсля 3/378, 380
- ролановое 3/397, 1186; 4/378, 380; 5/25
- Стантона (Стэнтона) 2/1303; 3/1184
- степеней свободы системы 5/98–100
- стехиометрические 4/722
- твердости 4/998
- теоретических ступеней контакта (тарелок) 2/1306, 1307
- ТИБ, см. *Бензины*
- фаз системы 5/97–100
- флегмовое 4/453–455, 457, 460
- Фруда 1/1106; 2/1301; 3/1183
- Фурье 2/1301, 1304; 3/1183, 1184
- характеристические, см. *Колебательные реакции*
- цетановое 5/696; 1/643, 2/679, 1102; 3/117, 278, 448, 462, 464, 507; 4/174
- Шервула 2/543, 1301; 3/1183; 4/351; 5/170
- Шмидта 1/447; 2/1257, 1301; 3/944, 1142, 1183; 4/351; 5/31, 170
- Эйлера 3/1183
- эквивалентное 5/802, 803
- эпоксидное 5/961
- эфирное 5/1002, 1003, 1012; 2/306, 709; 3/764
- Чистые жидкости 2/299–302
- Чистые квантовые состояния 2/719, 726
- Чистящие средства 5/777, 550; 1/18, 19, 657; 2/1319; 3/285, 1167
- Чичибабина
- реакции 5/777, 526, 713, 778; 1/112, 261, 1079; 2/1081, 1215; 3/384, 1019, 1045; 4/1018, 1117
- углеводород 3/572
- Чохральского метод 1/214, 938, 940, 1185; 2/223, 452–454, 554, 1009, 1124; 3/255, 256; 4/111, 685, 1022, 1024; 5/164, 756, 948
- Чувствительность
- анализа 2/347, 512, 757; 3/136
- детекторов 2/42–45
- индикаторов 2/447
- масс-спектрометров 2/1309, 1318
- органических реагентов 2/347; 4/395
- фотоматериалов 5/317, 329, 340, 341
- Чугаева
- правила 3/773; 5/441
- реакция 5/779; 2/11; 3/739
- Чугаева-Черевитинова метод 5/693
- Чугуны 1/209, 973, 974, 1190; 2/255–257, 263, 264, 266, 331, 503, 548, 571, 625, 839, 948, 1153, 1289; 3/75, 92–95, 410, 940, 1001, 1004, 1068, 1069, 1179, 1180; 4/139, 289, 436, 712, 806, 809, 1021; 5/285, 371, 451, 636, 651, 909
- ## Ш
- Шабазит 2/1057; 5/681
- Шайбеля колонны 5/831, 832
- Шайна-Дальгора последовательность 2/1324; 4/1232
- Шалфейное масло 5/1003, 1004
- Шамбона правило 4/811
- Шамозит 2/270
- Шамот 3/650, 1001, 1009; 4/673, 1041, 1042

- Шампуни 5/780, 974, 988; 1/657; 3/283, 284
 Шалиро реакция 1/658
 Шардингера декстрины 2/31; 3/749
 Шаровая молиния, химический состав 2/505
 Шаровые упаковки в кристаллах 3/1144, 1145
 Шаровые устройства газгольдеры 1/877
 мельники 2/146, 339, 353, 354; 982; 3/630, 991; 4/180, 765, 1010; 5/1006
 Шахтные печи 3/999, 1004, 1005, 1009, 1060; 4/592, 981, 1174
 Шаши
 детонаторы 4/731, 1267
 дымовые 2/240; 3/993, 994; 5/416
 каналы 4/342
 кислородные 3/1076
 пиротехнические 1/832
 термитные 4/1057
 факелы 3/822, 823
 Шведова-Бингама модели и уравнение 3/947; 4/486
 Швейное масло 2/463
 Швейфуртская зелень 1/383
 Швейцера реактив 2/1329, 1331
 Швехтена реакция 2/315
 Шеврёля фазы 2/797; 3/76, 243, 246; 4/585, 617, 909, 911
 Шееле зелень 1/383
 Шеелит 1/811, 813, 814; 2/263, 583; 3/240, 242; 5/206
 Шелк 1/427, 801, 802; 2/208, 736, 1205; 5/10, 126, 237
 крашение 1/127, 128, 139, 672; 2/142, 440, 462, 775, 776, 972, 976, 977, 992, 1097; 3/191, 244, 472, 537, 543; 4/255; 5/382, 383
 набивка 3/998
 отбеливание 3/837
 фиброн 1/138, 474; 4/642
 Шелкопфа кислота 3/386
 Шеллак 1/826, 1145; 2/808, 1080, 1241; 3/159, 1139; 4/739
 воск 1/825
 полимеры 4/33
 Шельхаммеридии 5/120
 Шениты 2/570, 829; 4/904
 Шенниот 2/587, 588
 Шеннона
 ионные радиусы 2/527
 уравнение 1/1198
 Шерберна плавка 4/183
 Шервуда число 2/543, 1301; 3/1183; 4/351; 5/170
 Шерсть 1/801, 802; 3/438
 воск 1/825, 826
 как хиральная фаза 4/392
 крашение 1/127–129, 139; 2/80, 81, 139, 142, 253, 775, 776, 972, 977, 992, 995, 996, 1097; 3/191, 472, 537, 543, 690, 691, 707; 4/247, 248, 1129, 1130; 5/221, 384
 набивка 3/998
 обезжиривание 3/718
 отбеливание 3/837
 Шестаковского баллаз 1/454; 3/1227
 Шеффе планы 3/1111
 Шеффера соединения 2/798; 3/386
 Шёнберга перегруппировка 3/606; 4/1152
 Шённера метод 5/780, 781; 3/168, 169; 4/549
 Шенфлиса обозначения 4/687
 Шизофреногенные отравляющие вещества 3/845, 846
 Шикимат 3/615–618
 Шикимовая кислота 5/121, 202
 Шилла схема 2/694, 695
 Шилова уравнение 2/514, 515
 Шилана реакция 5/781, 141, 392; 1/948, 954; 2/17, 75, 315
 Шимоза 4/1268
 Шинный корд 3/1204, 1205; 4/450
 Шипучие магнитные пероксиды 3/980
 Ширавский полиацетил 3/1216
 Шифт-реагенты 4/68, 605
 Шиффа
 основания 5/782, 2, 124, 129, 370, 547, 558, 783–785, 975, 978; 1/175, 197, 200, 202, 222, 265, 270, 273, 396, 680, 741, 988, 1075, 1129; 2/114, 363, 398, 642, 746, 830, 969; 3/186, 536, 678, 680, 681, 796, 937, 1022, 1074; 4/534, 670, 720
 реактив 5/782, 223, 413, 769
 Шихты 2/256, 258, 262, 263, 354, 556, 570, 587, 588, 839, 841–843, 845–847, 1062; 3/89, 90, 481, 1000, 1001; 4/139, 183, 221–224, 575, 592, 593, 633, 709, 838, 839, 1174
 Шишковского уравнение 3/1159
 Шкала(ы)
 Бацанова 5/897
 водородная электродных потенциалов 5/839
 гидрофильно-липофильного баланса 3/1163
 Луо-Бенсона 5/897
 Мооса 3/166; 4/999
 Олбрета-Рокоу 5/897
 Поллинга 5/896
 растворителей 4/748, 751
 температурные 4/1028, 1076, 1077
 цена деления 3/639
 электроотрицательности атомов 5/896, 897
 Шлаки 1/467, 544, 1071, 1187, 1188; 2/256, 273, 328, 348, 350, 588, 776; 3/88, 90, 93, 160, 172, 493, 758, 1068, 1069; 4/184, 346, 592, 593, 673, 681, 708, 712, 944, 979, 981, 982, 1020, 1057, 1082, 1174, 1184, 1246; 5/54, 164, 305, 470
 Шлакопортландцемент 5/670–672
 Шлакосиликат 2/776
 Шлакоотходы 1/468; 4/707, 708
 Шламы 1/871, 902, 1087, 1088; 2/536, 553, 595, 683, 1293; 3/7, 160, 439, 825, 851, 1000; 4/466, 594, 615, 640, 710, 1020; 5/205, 207, 208
 Шланговые противогазы 4/224, 225
 Шленка
 равновесие 2/1236
 углеводород 1/562
 Шликеры 2/735, 737, 800, 879; 4/140
 Шлихтование 2/989; 3/1195, 1204, 1228; 4/1012
 Шмальтин 2/819; 3/304
 Шмидта
 перегруппировка 1/231, 469; 2/1213; 4/609, 610
 реакция 5/784, 785; 1/74; 2/82, 1107, 1138; 3/1142; 4/609, 610, 1100
 Шмидта числа 1/447; 2/1257, 1301; 3/944, 1142, 1183; 4/351; 5/31, 170
 Шнековые устройства
 кристаллизаторы 2/1046, 1051
 мешалки 3/941, 942
 питатели 3/1083, 1085
 подпрессовыватели 1/1188
 растворители 4/354–356
 сепараторы 3/632, 633
 смесители 4/737
 спиралевидные 1/1188
 сушилки 3/637
 центрифуги 5/675
 экстракторы 5/822, 823
 Шнуры
 детонирующие 2/47
 пламенные 3/1094
 Шомакера-Стивенсона уравнение 5/897
 Шора метод 4/998
 Шорыгина реакция 5/785, 786; 3/73, 350
 Шоттена-Баумана реакция 5/786, 129, 132; 1/251, 442, 508, 1075, 1209; 2/636
 Шоттки дефекты 2/50, 51
 Шпаклевки, см. *Шпатель*
 Шпалопроточное масло 1/1178; 4/101
 Шпаты(ы)
 исландский 2/586, 639
 марганцевый 2/1285, 1289
 персидский 1/457
 плавиковый 2/590; 5/205, 214, 386.
 См. также *Флюорит*
 полевые 3/1191, 633, 724, 838, 1192, 1193; 1/1018, 1035; 5/205
 тяжелый 1/457, 544
 Шпатлевки 5/786, 787, 1006; 1/563; 2/1015, 1128, 1129; 3/288, 750, 868, 1139, 1140; 4/92
 Шпейзы 4/346
 «Шпильки» в РНК 3/587, 588; 4/1238, 1239
 Шпинели 5/788, 162–164, 609, 633, 748, 789; 1/206, 341; 2/222, 223, 266, 510, 666, 672, 734, 1240, 1243, 1248; 3/147, 474, 481, 650; 4/585
 Шпольского
 матрицы 5/884, 885
 эффект 2/1219
 Шпон 3/282, 327
 Шпредирование 3/1114
 Шприцевание 4/6, 7. См. также *Экструзия полимеров*
 Шрадан 3/107
 Шрёдера модификация 2/732
 Шрёдингера уравнения 1/45, 404, 665, 667, 681, 798, 799, 855; 2/717–723, 725, 726, 904, 1104, 1210; 3/205, 206, 222, 467, 468, 627, 628, 778, 1174, 1175, 1178; 4/119, 120, 374, 576, 686, 688, 689, 692, 787, 796, 995; 5/461, 643, 868
 Шрейнмакера (Схрейнмакера) метод 4/357, 358
 Штамповка пластмасс 4/8–10
 Штапельные волокна 1/731–733, 802–804, 806; 2/993; 3/1198–1200, 1204, 1236; 4/88–90, 846, 847; 5/167. См. также *Волокна химические*
 Штарка эффект 5/789, 790; 1/407; 2/143; 3/158, 209; 4/125
 Штарка-Эйнштейна закон 5/682
 Штаудингера реакция 5/790, 791; 1/201; 2/421
 Штаудингера-Пфенингера реакция 5/791
 Штейны 3/2, 6, 93, 474, 485, 486, 1068, 1069; 4/346, 592, 593
 Штемпельные краски 3/131
 Штерна потенциал 4/952
 Штерна-Фольмера уравнения 2/1224; 5/812
 Штиглица реакция 5/791, 792; 2/421
 Штиглит 5/755
 Штоббе конденсация 5/792, 793, 1058; 1/198; 2/745
 Штоклак 4/739
 Штранг-прессование 4/7
 Штреккера реакции 5/793, 783, 794, 988; 1/194, 198, 201, 252, 254; 2/331
 Штрейгит 2/266
 Шубникова группы 2/1070
 Шульце-Гарди правило 2/817
 Шухова форсушка 3/441
 нитрил, см. *Циан*
 определение 1/615; 3/969
 получение 1/998, 1101; 2/1080, 1081, 1164, 1174; 3/253, 366; 4/804; 5/1, 795, 1058
 применение 1/333; 5/796
 свойства 1/195, 432, 678, 744, 783, 1132, 1133, 1141, 1142; 2/28, 78, 107, 108, 407, 536, 669, 731, 806, 908, 1000, 1271, 1294; 3/104, 105, 568, 613, 696; 4/34, 74, 285, 396, 589, 943, 1173, 1220; 5/181, 684, 755, 760, 984
 соли и эфиры 1/644; 3/1026; 5/795, 985. См. также *Оксалаты*
 Щавелевоуксусная кислота 1/196, 394, 395, 556, 611, 1142, 1143, 1155; 2/970, 1180; 3/613, 683, 810, 811, 937, 1083; 4/894; 5/348
 Щавелевый альдегид 1/141, 1142
 Щелочь 1/544, 563; 3/636, 1264; 4/180
 Щелочная коррозия 2/321, 947, 949, 951, 952, 955; 3/273, 274, 282
 Щелок
 подмыльный 3/303
 сульфатный 4/903, 904; 2/1164, 1174; 3/362; 5/664
 сульфитный 4/920, 921; 1/680; 2/232, 1164, 1175; 5/665, 995
 хлормagneвий 2/1246
 черный 4/903, 904
 электролитический 5/553
 Щелочи 5/796, 95, 96, 452, 641, 819, 820, 842; 1/191; 2/566, 603, 604, 787, 802, 947–949; 3/698, 795–797, 830; 4/193, 866, 867
 едкие, см. *Гидроксиды и Гидросульфиды щелочных и щелочноземельных металлов*, *Электролиз как основания*, см. *Кислоты и основания*, *Сода*
 Щелочная болезнь животных 3/161
 Щелочноземельные элементы 5/796
 определение 2/507; 5/379
 получение 5/797. См. также *Электролиз*
 свойства 2/522–524, 578, 1233, 1327; 3/76, 411, 955, 957, 958; 4/298–300, 874–876. См. также *Барий, Кальций, Радий, Стронций*
 соединения, см. индивидуальные представители и их группы
 Щелочной эффект Бора 1/1008
 Щелочные аккумуляторы 1/110, 111; 2/255, 566, 1206; 5/487, 488
 Щелочные материалы
 горные породы 4/561
 мыла 3/301–304; 4/670
 удобрения 2/870; 3/172, 173
 целлюлоза 2/634; 5/664, 999
 Щелочные металлы 5/797
 определение 2/507
 получение 5/798
 свойства 2/522–524, 559, 673, 1201, 1238, 1327; 3/76, 96, 98, 142, 347, 411, 955–957, 1092, 1093, 1215; 4/555–557, 664; 5/366, 654, 796, 798, 896. См. также *Калий, Литий, Натрий, Рубидий, Франций, Цезий*
 соединения, см. индивидуальные представители и их группы
 Щелочные процессы
 газоочистка 1/901, 902
 гидролиз, см. *Гидролиз щелочной катализ* 2/304
 коррозия 2/436
 плавление спиртов 2/646
 Шена 1/620, 1100
 Шербиант 1/679
 Шетина 3/1205, 1222, 1236
 Шукарева закон 2/1301

Щ

- ЭАН-металлоорганоккомплексы 3/82, 83
- Эбониты 5/799; 1/631, 846; 2/706; 3/904; 4/440
- Эбулоскопия 5/799, 800; 2/763, 1033; 3/216
- Эбурнамин 2/458
- Эбурнан 2/458
- Эвал 3/1139
- Эвафильм 3/1139
- Эвгенол 5/800, 1004, 1006; 1/185; 2/408, 654
- Эвгенолацетат 5/1004
- Эвгенильное масло 5/800, 1005
- Эвдесмол 5/1004
- Эвдиалит 5/759
- Эвипан 1/999
- Эвкалиптовое масло 1/198; 3/847, 1032; 5/115, 746, 773, 774, 1003, 1004, 1006
- Эвкалиптол 5/746
- Эвкрипит 2/733; 4/707
- Эвксенит 1/1156; 2/544, 546, 1229; 4/434, 435; 5/23, 965
- Эвлитин 1/738; 3/777; 4/682
- Эвлон 5/49
- Эводимин 5/520
- Эволюция систем возмущения 1/799
- Потенциалы 4/1063, 1064
- универсальный критерий 4/1070
- Эвоинин 3/1048
- Эвтектики 1/460, 462, 463, 918, 1078, 1191; 2/58–61, 63, 126, 256, 572, 600, 1039, 1040, 1044–1046; 4/345, 357, 358, 556, 558, 559, 601, 639, 1003, 1004; 5/16, 101, 864
- Эвтектичные смеси 2/60, 61, 256, 258, 259; 4/1004; 5/101
- Эвтонки 2/63; 4/358
- Эптерга–Саха уравнение 3/1094
- Этонит 4/710
- Эвстия М 1/394
- Элистер 4/39, 40
- Элифас 2/633, 634
- Элифенфос 5/421
- Эдмана деградация 5/800, 801; 1/478, 479
- Элс гальванических элементов 3/582, 583; 5/922
- и концентрация электролита 5/922
- и редокс-потенциалы 3/667
- метод 5/956
- наведенная, см. *Электронно-зондовые методы*
- термическая 3/97
- электрохимических цепей 4/819–821, 1030; 5/205
- ЭДТА, комплексон 2/579, 870–872; 5/584, 987
- Электоры 3/342, 344; 5/599, 628
- Эжеаль 5/801
- Эжерин 1/435; 5/180, 181, 1052
- Эзеролин 5/181
- Эйварит 4/637
- Эйгена метод 4/1031, 1032
- Эйкозабараны 1/588, 589
- 11,14-Эйкозодиеновая кислота 2/307
- Эйкозаны 3/345
- Эйкозаноэвая кислота 1/827, 863, 864
- Эйкозаноиды 5/801; 2/1188, 1191; 4/219
- α-Эйкозанол 1/826
- Эйкозантетраеновая кислота 1/863, 864; 4/211
- Эйкозапентаеновая кислота 4/211
- 5,8,11,14,17-Эйкозапентаеновая кислота 3/396
- Эйкозаполиеновые кислоты 2/1157, 1158; 4/211; 5/801
- Эйкозатриеновая кислота 4/211
- 9-Эйкозеновая кислота 2/307
- Эйкозиловый спирт 1/866
- Эйкозоляры 1/438
- Эйоланы 2/474
- Эйлера теорема 4/1072
- уравнение 5/183
- число 3/1183
- Эймак-211 4/63
- Эймса тест 3/296
- Эйнштейна закон квантовой эквивалентности 5/357
- коэффициент 2/727
- модель фононных спектров 3/66
- уравнения 2/196, 198; 3/215; 4/489–491
- Эйнштейний 5/801, 160, 802; 1/131, 132; 3/957
- Эйредуры 3/741, 742
- Эйрелоны 3/741, 742
- Эйремиды 3/741, 742
- Эйринга модель 3/947
- структурная теория 2/302
- Эжанит 4/675
- Эканол 3/1212
- Экваториальное положение, см. *Аксильное и экваториальное положения*
- Эквивалент восстановительный, см. *Оксидоредуктазы*
- фитоменадиновый 1/750
- химический 5/802, 106, 508, 803; 2/915; 4/866
- электрохимический 5/921
- Эквивалентные характеристики дозы ионизирующего излучения 2/216, 217
- точка титрования, см. *Точки электропроводности электролитов* 5/899
- Эквивалентов закон 4/866; 5/508, 802
- Эквилин 2/605, 606
- Экгонин 3/1080; 5/17, 18
- Экдизоны 4/862–864; 5/589
- Экдистероиды 4/862
- Экдистерон 4/864
- Экзальтация молярной рефракции 4/516
- поляризуемости 4/126
- Экзальтоид 3/291, 292
- Экзальтон 3/291, 292
- Экзо..., эндо... 5/803, 804; 2/130; 3/580, 581
- Экзогаз 2/326, 327
- Экзогенные руды 4/560
- Экзогликаны 1/1126
- Экзогликозидазы 1/1126
- Эксонуклеазы 2/20; 3/584
- Экзоны 4/810
- Экзопептидазы 4/216
- Экзополисахаридазы 1/1126
- Экзосфера 1/399
- Экзо- и эндотермические реакции 1/18, 548, 1164–1171; 2/46, 47, 541, 576, 673, 1168; 3/46, 257, 954; 4/1036, 1037, 1057, 1060; 5/448, 496, 642, 688–690, 709, 952, 953. См. также *Тепловые эффекты реакций*
- Экзотоксины 4/1195
- Экзоферменты 2/31
- Экзоцеллюлозгидролазы 5/661
- Экзоциклическая связь 5/779
- Эконазол 4/228, 229
- Экранирование, дебаевский радиус 2/7
- Экстраустеры 2/882
- Эксергетический анализ 5/804, 473, 805–811; 3/865
- Эксергия 5/804
- Эксеротол 1/740, 741
- Эксил 3/1139
- Эксимеры 5/811, 338, 446; 2/431, 1037, 1088, 1119, 1124, 1125; 3/19, 223
- Эксиплексы 5/811, 338, 339, 812; 2/431; 3/19, 223, 891
- Экситоны 1/548; 4/826; 5/545, 811, 925
- Экслюзионная хроматография 5/812, 426, 621, 813–817; 2/45, 293, 295, 296
- Экслай 3/1198–1200
- Эксперимент(ы) активный 3/640, 641, 1106–1113
- непосредственный на объекте 3/1111
- отсеивающий 3/1107
- параллельные 3/136, 137
- пассивный 3/640–644, 1106
- планирование 3/1106, 195, 641, 1107–1113; 2/749
- результаты, обработка 3/638, 639–644; 2/749
- факторный 3/1106
- численные, см. *Молекулярная динамика*
- Экспертные системы 2/540
- Экспозиционная доза ионизирующего излучения 2/217
- Экспрессия генов 5/818, 620; 1/1009; 3/175, 587; 4/811, 812, 1236
- Экспресс-тесты 5/818, 151, 819; 1/121, 978; 2/423, 607, 1315; 4/399, 400
- Экстенсивные параметры, см. *Параметры состояния*
- Экстинкция 5/885
- Экстратеги 2/282, 294, 381, 1175, 1295; 3/26, 108, 114, 547, 1036; 4/654; 5/263, 276, 819–835. См. также *Растворители*
- Экстрагирование 5/819, 820–824; 2/1300; 3/7
- и выщелачивание 1/867
- и порообразование 4/133
- и растворение 4/350
- растительного сырья 4/382; 5/1005
- Экстракт(ы) 5/824
- дубильные 2/1165
- хвойный натуральный 2/1165
- Экстракторы, см. *Экстрагирование, Экстракция*
- Экстракционные продукты древесные смолы 2/226, 227. См. также *Химия древесных смол*
- каифоль 2/602, 1165
- сера 4/632
- скипидар 4/714
- фосфорная кислота 2/937; 3/520, 863; 5/301, 302
- Экстракционный анализ 5/489
- каталитический 2/757
- люминесцентный 2/1218; 3/272; 4/530
- пределы обнаружения веществ 4/395
- фотометрический 2/1271; 3/113, 713, 714, 1044; 4/397, 530, 531, 1202, 1221; 5/637, 722
- хроматография 2/87, 294; 3/57; 5/160
- Экстракция в системах жидкость – жидкость, см. *Экстракция жидкостная*
- – твердое тело – жидкость, см. *Выщелачивание, Экстрагирование*
- «газовая» 3/885; 5/834, 835
- «сверхкритическая» 5/834, 473, 835, 1005
- флюидная 5/834, 835
- Экстракция жидкостная 5/824, 170, 256, 284, 825–834; 2/1300, 1306, 1307; 3/244, 420, 459, 835, 1040; 4/272
- аппаратура 1/708, 1105; 4/272, 611; 5/830–833
- в звуковых полях 2/491; 5/62
- и кристаллизация 2/1043, 1044
- и процессы очистки 3/860, 861; 4/610–612; 5/15
- и ректификация 2/627; 3/449; 4/457, 458, 460, 1202; 5/829, 834
- и экстрагирование 5/819
- мембранная 2/1300; 3/53
- органические реагенты 4/396
- применение 2/818; 3/713, 1186; 4/320, 321; 5/8, 109, 656, 833, 834. См. также *Концентрирование, Экстракционный анализ*, методы извлечения и разделения химических элементов и отдельных веществ
- растворители 4/360. См. также *Экстрагенты*
- циклические режимы 5/715
- электролитическая 5/854, 859, 923
- Экструзивные горные породы 4/561
- Экструзия и формование 4/7. См. также *Формование химических волокон*
- как способ гранулирования 1/1188
- катализаторов 2/670
- полимеров 1/1189; 2/358; 3/144, 1135, 1136, 1139, 1213, 1254; 4/6, 27, 40, 41, 44, 970; 5/87, 232, 389
- реакционная 5/938
- сплавов 4/807
- хелатных соединений 5/443
- Экспозиционная репарация 4/492, 493
- Элаидиновая кислота 1/1085; 3/729, 730
- Элаидирование 2/305
- Элана 4/87–91
- Элаокаидин 1/148
- Элаокаины 1/148
- Элаокапридин 1/148
- Элаокарпин 1/147, 148
- Эласлен 4/28
- Эластаза 4/217; 5/17
- Эластин 3/711; 4/192
- Эластификаторы 2/286, 804, 806
- Эластолаи 5/86
- Эластомеры 5/835; 1/859; 3/1234
- акриловые 4/291
- для нетканых материалов 3/436
- иономеров 2/516
- как вулканизаты, см. *Вулканизация, Каучуки, Резины*
- карбонасопержащие 2/648
- клеи 2/804, 806, 807; 4/443–445
- коллоиды 1/454
- кремнийорганические 2/806; 3/808; 4/291
- нитрильные 1/630
- пластификаторы 4/607
- полиолефиновые 3/984; 4/28, 29, 82, 83
- пористые 3/902, 904, 906–909; 4/129, 130
- свойства 1/873; 2/54, 55, 118; 3/661; 4/4, 291, 488, 842, 1054; 5/639, 640. См. также *Высокоэластичное состояние*
- сплавы 4/734
- термопластичные, см. *Термоэластопластики*
- уретановые, см. *Уретаны*
- Эластон 4/49, 50
- Элатон 3/1139
- Эледозин 5/1041
- Электрет-термический анализ 4/1062
- Электреты 5/835, 836; 4/285, 1062
- Электрическая проводимость, см. *Электропроводность электролитов*
- Электрические разряды 2/531, 623; 3/1188, 1189. См. также *Дуговой*

- разряд. Тлеющий разряд, Электро-разрядные устройства
- Электрический ток. см. Ток
- Электропроводные вещества 1/339, 808–810
- Электроакустические устройства 4 637
- Электроосаждения 2/524–526, 745, 752, 952–955, 1287; 3/28, 79, 102, 121, 515, 553, 665, 890, 1026, 1030, 1045; 4: 310, 803; 5/381, 585, 733, 538, 540, 546, 854, 903, 926
- Электроосаждение 1/953, 956; 2/122; 3: 102, 510, 392, 393, 410, 549, 923
- Электроосциллометрия 5/836, 837, 838, 933; 1: 1182, 3: 8, 475
- Электрография 4: 501, 505, 506
- Электрохимическая сила. см. ЭДС
- Электрохимические процессы 3: 609, 610
- Электрохимия 1: 172; 2/196, 859, 916, 1006, 1300; 3: 41, 42, 45, 53, 55; 4: 952
- Электрохимический 2: 196, 1299, 1300; 5: 897, 998
- Электрохимические потенциалы 5/839, 637–639, 840, 926; 1: 832; 3: 134, 135
- Электрохимия 3: 135
- и активность электронов в электролите 5: 841
- и анализ кислотности 2/292
- и двойной электрический слой 2/1–4
- и концентрация компонентов раствора. см. Нернста уравнение
- и поверхностное натяжение 2/3; 5: 844, 845
- коррозия металлов 2/323, 953–956
- нулевого заряда 4: 153, 154; 2/2, 3, 408, 429; 5: 106, 839, 922
- пассивация 2/321
- поляризация. см. Поляризация в электрохимии
- скачки. см. Межфазные скачки потенциалов
- стандартные. см. Стандартные потенциалы
- стабилизаторы 2: 954
- электроосаждения 5: 895
- электрохимические 5/920; 2/408
- ряд напряжений 5/920, 921, 926
- Электрохимические процессы 5/838, 466, 637–639, 839; 2/145. См. также анодные процессы. Катодные процессы
- в химических источниках тока 5: 487–489
- диффузионный ток 2/194, 954, 1099; 4: 123, 128; 5: 637, 638, 895, 911
- и двойной электрический слой 2/1
- и пассивация металлов 3/888–890
- и поляризация 4: 123, 124
- и преобразователи информации 5/925
- и фарадеевское выпрямление 5/105, 106
- выпадение 5/919, 920
- кинетика 5/910, 911, 924, 926; 4/128
- конструктивные элементы. см. Электроды
- окислительно-восстановительные. см. Электролиз. Электрохимические процессы
- потенциалы. см. Электродные потенциалы
- Электроны 5/840, 841, 842; 2/3
- автоэмиссионные 3/501
- «бактериальные» 5/151
- газовые 2/522; 3/134; 4/154, 155, 819, 821, 1211; 5/150, 839–844
- дисковые 2/144, 145; 1/809; 5/842, 911, 913
- для защиты металлов 5/908–910
- для сенсоров 5/915, 916
- для термопар 3/484
- для титриметрии 4/1186
- для хемотронов 5/914, 915
- для химических источников тока 1/110, 111; 3/582, 583; 4/1211
- для электролиза 5/553, 554, 854, 855
- для электросинтеза 5/901–904
- индикаторные 2/448; 3/134, 135; 4/127, 128, 154, 155, 539, 540; 5/915–917
- ионоселективные 2/521, 522, 524; 1/561; 4/627; 5/745, 915
- как электрохимические цепи 5/917, 918
- капельные 1/808, 809; 4/127, 128; 5/842
- Кларка 5/148
- материалы 1/808, 810, 1192, 1194; 2/255, 553, 556, 562, 634, 1202; 3/100, 134, 135, 243, 245, 478, 582, 583, 825, 895, 1130; 4/155, 266, 543–545, 598, 820, 821, 877, 1080, 1081, 1111, 1115, 1175; 5/105, 150, 170, 654, 839–841, 925
- микро и ультрамикро 5/842
- модифицирование 5/842, 847
- неполяризуемые 5/841
- обратимые 5/841, 846
- окислительно-восстановительные 5/841
- полупроводниковые 5/925
- поляризация. см. Поляризуемость электродов
- потенциалы. см. Электродные потенциалы
- псевдооживленный 4/266, 953
- редокс 5/841, 921
- селективные 2/522, 1146
- сравнения 5/842, 637, 839, 841, 843, 844; 1/802; 2/2; 3/134, 135, 431; 4/154, 543, 819–821
- стандартные 5/839, 843
- суперионники 5/861
- суперконденсаторы 4/953
- термоэлектрические 4/1080, 1081
- ферментные 1/561; 2/423, 522; 5/150
- фоточувствительные. см. Фотоэлектроды
- электрохимический ряд напряжений 5/920, 921, 926
- Электроизоляционные материалы 3/884, 1219, 1223, 1244, 1245; 4/25
- галоваксы 3/371
- дieleктрики 2/208, 209
- жидкости. см. Изоляционные масла
- лакокрасочные 2/1129; 3/806, 1132
- полимерные 2/230; 3/1234, 1265; 4/40, 44, 845
- слои 4/724
- стекловолокнистые 4/846–848
- Электрокапиллярные явления 5/844, 845, 846, 898; 2/3, 859; 3/1171–1173; 4/153, 730
- Электрокатализ 5/846, 638, 842, 847, 859, 899; 2/491
- Электрокерамика 2/1147; 3/1192
- Электрокинетические явления 5/847, 848–851, 898, 914; 2/3, 156, 408, 859; 3/1173; 4/1067. См. также Электромиграционные методы
- Электрокоагуляция 2/816
- Электрокорунд 1/19; 5/143, 777
- Электрокрекинг 2/85, 1005, 1059, 1060, 1115
- Электрокристаллизация 5/851, 852, 853, 859, 926; 1/973; 3/888
- Электролиз 5/853. См. также Электродные процессы. Электрохимические процессы. Электрохимия
- аппаратура 5/854, 855. См. также Электроды
- внутренний. см. Цементация
- воды 1/778, 785, 786; 3/665; 5/33, 206, 363
- законы Фарадея 5/106, 107, 854, 895, 921, 922; 1/314; 2/1097; 3/413
- и миграция ионов. см. Электропроводность электролитов
- и поляризация 4/123
- и псевдоконденсаты 2/1254
- и рекомбинация 4/450
- окислительно-восстановительные процессы 3/664, 665, 667, 888; 4/820; 5/384, 853
- по Кольбе 2/863; 4/301, 310
- применение 1/208, 753, 754, 1093; 2/4, 25, 28, 293, 393, 445, 527, 553, 768, 859, 950, 1099, 1100, 1154, 1287; 3/7, 355, 360, 410, 515, 557, 819, 863, 872; 4/202, 301, 435, 975; 5/388, 553, 554, 609, 656, 749, 754, 796, 836–838, 854, 857, 922, 923
- защита от коррозии. см. Электрохимическая защита
- нанесение покрытий. см. Гальванотехника
- синтез веществ. см. Электросинтез
- электрохимическая обработка металлов 5/911, 912, 913. См. также Крашение оксидированного алюминия. Рафинирование металлов
- расплавов 1/785; 2/579, 769, 1235; 3/349, 1069; 5/854, 923
- ток 1/753, 754; 2/1098, 1099; 5/637–639
- Электролизеры. см. Электролиз
- Электролитическая диссоциация 5/856, 466, 553, 827, 857, 923; 1/766, 767, 1076, 1216; 2/158, 782, 783; 4/360, 361, 371, 372, 745. См. также Кислоты и основания. Растворы электролитов
- Электролиты 5/857, 613, 754, 756, 827, 828, 838, 856, 858, 859, 913; 1/856, 857, 1098, 1114; 2/859, 872; 3/1129; 4/196, 206, 355–357, 648, 1086. См. также Электродные процессы. Электролиз. Электрохимические процессы
- аморфные 2/408
- амфотерные 1/289
- водные 5/857, 860
- высокомолекулярные. см. Полиэлектролиты
- высокополярные 4/200
- для гальванотехники 1/973–977; 2/264, 265, 552, 872
- для сенсоров 4/627; 5/915, 916
- для СОЖ 4/725, 726
- для стирки 3/303; 4/699, 700
- для хемотронов 5/914
- для химических источников тока 1/972, 973; 3/356; 4/1211; 5/408, 487–489, 658
- замыкающие 5/867
- и индикаторы 2/448
- и эмульсии 5/949
- как коагулянты 2/817
- как стабилизаторы 2/155
- комплексы 1/441, 442; 2/872
- неводные 5/859, 857, 860, 861; 1/111, 973
- нейтральные 2/518
- низкомолекулярные 4/78
- органические металлы 3/100
- расплавленные. см. Расплавы. Электрохимия расплава
- растворы. см. Растворы электролитов
- твердые 5/861, 857, 862, 863, 915, 920, 922; 1/892; 2/477, 768; 3/351, 418, 695, 696; 4/598, 627
- фоновые 5/901
- электронейтральность 2/320
- электропроводность. см. Электропроводность электролитов
- Электролюминесценция 2/1220, 1227; 5/925
- Электромеомбранные процессы 2/196, 1300; 3/38, 41, 42, 55
- Электромерный эффект 3/30, 31
- Электрометаллургия 5/922, 923
- Электромиграционные методы 5/863, 864–867. См. также Электрокинетические явления
- «Электроны», сплав 2/310
- Электронная корреляция 5/869; 2/904, 905, 1104; 3/468
- Электронная плотность 5/874, 461–463, 643, 868, 875, 891, 905, 906; 1/404, 405, 1066; 2/510, 511; 3/207, 208, 234–236; 4/475, 476
- в мезомерных системах 3/29–31
- деформационная 4/474
- и химическая связь 1/781, 782; 2/506, 831–833
- и цветность соединений 5/648
- приближение. см. ЛКАО-приближение, π-Электронное приближение
- функция 4/420
- Электронные взаимодействия 2/5; 5/336–339, 811
- выбранные 5/880
- внутримолекулярные 2/461, 462
- колебательное 5/880, 28, 881, 1056, 1057; 2/727, 728
- конформационное 3/175
- нежестких молекул 3/392–394
- обменные 1/405; 3/627–629
- поляризация диэлектриков 2/206, 207
- предиссоциация 4/159, 160
- радиационный захват 4/315, 316, 331
- резонансные 5/892, 893. См. также Электронный парамагнитный резонанс
- спиновые 1/405; 4/796–798
- фононное 4/585, 789, 996; 5/742
- эффект(ы) индуктивный 2/461, 462
- корреляционные. см. Электронная корреляция
- ядерные 2/721; 3/222; 4/374, 376, 798; 5/458, 459, 889–893, 1023
- Электронные методы исследования и анализа
- дифракционные. см. Электронография
- зондовые 5/877, 104, 105, 878–880, 933; 2/702, 1212, 1213; 3/431; 4/470
- лучевая плавка 3/244, 249, 999; 4/466; 5/81
- микроскопия 5/869, 26, 327, 515, 870–874, 894; 2/190, 743, 1213; 3/168, 459
- спектроскопия. см. Оже-спектроскопия. Рентгеноэлектронная спектроскопия. Фотоэлектронная спектроскопия. Электронные спектры
- ударный. см. Электронный удар
- Электронные оболочки 1/405–407, 791; 3/959–961
- Электронные пушки 2/251; 5/869–873, 877
- Электронные спектры 5/881, 64, 65, 646–651, 742, 882–886; 1/855; 2/726, 727, 865; 3/29, 230; 4/749–751
- Электронные устройства автоматического регулирования 1/23
- вакуумметры 1/663
- весы 1/685, 687–690, 692–697, 700, 701
- газоанализаторы 1/894
- датчики давления 2/1284

- интеграторы тока 2/1098–1100
резисторы 5/341
хроматографические детекторы 1/909; 2/43–45
- Электронный газ 3/73, 96; 5/462, 868
- Электронный парамагнитный резонанс 5/886, 868, 887–893, 1033; 2/185, 293, 327, 329, 712, 727; 3/141, 229, 459; 4/304, 309, 334, 588, 750, 789–795, 797, 798, 882
- Электронный удар, метод 2/524, 628, 1116–1118, 1309–1311; 3/143; 4/151; 5/629
- Электронотермография 5/893, 104, 327, 328, 334, 871, 894, 895; 1/836; 2/188–190, 623, 1063, 1065; 3/21, 168, 208, 798; 4/882–884
- Электроннообменники 3/662, 663
- Электроннообменные волокна 5/447
- Электронды 5/868, 869, 930–932, 1031; 1/402–407; 2/243, 244
- атомные факторы 2/188, 189, 329; 4/788
- быстрые 4/1076
- вакантные, правило Сиджвика 3/82, 83
- валентные 1/664; 3/73, 74; 4/995–997
- взаимодействия, см. *Электронные взаимодействия*
- вторичные 2/499, 501, 529; 3/97; 5/338, 362, 871, 872, 877
- газ 3/73, 93; 5/462, 868
- гидратированные 2/5; 4/749
- движение 2/721, 1071. См. также *Волновые функции, Шредингера уравнения*
- корреляция, см. *Электронная корреляция*
- дифракция 2/188–190, 1071; 5/893–895
- заряды 2/143; 3/235; 5/868
- захват, см. *Захват электронов*
- зонды 2/702, 712. См. также *Электронная микроскопия, Электронно-зондовые методы*
- и мезоны 3/31, 32
- и мутации 3/298
- и фотоионизация 5/331
- как ионизирующее излучение 2/188–190, 216, 499–503; 4/315, 316
- как фермионы 4/826
- кластерные, число 2/793–795
- конфигурация 2/904, 905; 3/288, 959–962. См. также *Конфигурационного взаимодействия метод*
- концентрация в ионосфере 2/509
- магнетизм 2/1238, 1239, 1244
- недовозбуждения 4/296
- неспаренные 2/524–526; 3/300, 301, 303, 304; 5/886–891
- оже-частицы 2/529, 1213; 3/32; 4/316; 5/871, 872, 878
- отрыв от отрицательных ионов 2/508
- пары 1/666, 1059, 1060; 2/905; 3/787; 4/585
- куперовские 4/585
- позитронные 2/500, 501, 727
- первичные 2/499, 501, 529, 702
- перенос 4/247; 5/368, 770, 772. См. также *Одноэлектронный перенос*
- адиабатический и неадиабатический 4/410
- в процессе дыхания 3/669–671, 697
- в хиральных молекулах 5/540–546
- и цветность соединений 5/646–650
- множественный 2/663
- под действием света, см. *Фотоперенос электронов*
- при реакциях в растворах 4/409, 410
- эстафетный 1/548
- плазменные 3/1094
- плотность, см. *Электронная плотность*
- поляризуемость 2/721; 4/124, 125. См. также *π-Электронное приближение*
- прецессия Лармора 2/77
- прилипание к атомам 2/528, 529
- проводимости 1/1054; 2/196, 1062; 3/96, 1095, 1103, 1104, 1106; 4/103–108, 112, 114, 995–997, 1030, 1075, 1076; 5/333, 859, 878, 898, 924, 925
- равновесие на границе металл – электролит 5/841
- свободные 2/329, 1119; 4/297
- слой 1/405
- смещение, см. *Мезомерный эффект*
- соединения, см. *Интерметаллиды*
- сольватированный 4/749, 292, 297, 750, 751; 5/356, 364, 859, 869
- состояния в квантовых системах 1/792–794; 2/727, 729. См. также *Орбитали, Паули принцип*
- спины 2/718, 727, 1239, 1244; 3/31; 5/893
- сродство частиц, см. *Сродство к электрону*
- «сухие» 4/297
- термы 3/1175; 4/296, 297
- ускорители, см. *Ускорители заряженных частиц*
- химическая поляризация 5/457, 458
- эмиссия 2/499, 501, 529; 3/97; 5/338, 362, 871, 872, 877
- энергетические уровни 1/791; 3/959–962; 4/103
- энергия 1/791; 2/1104, 1213; 3/206; 4/151–153, 296, 481–483; 5/873, 878
- Электроокисление 2/524, 525, 647, 863; 3/76, 102, 557, 662, 860; 4/803, 1200; 5/84, 838, 840, 902, 903
- Электрооптические материалы 2/855, 1072; 3/774, 777; 4/637
- Электроосаждение 5/895, 62, 853, 854, 896, 913, 921, 925, 926; 1/774, 775, 790, 974–977; 2/4, 192, 950, 1130; 3/71, 75, 819, 873; 4/807
- Электроосмос 2/859, 860, 916, 1300; 3/1173; 5/847–851, 898
- Электроосмотический перенос 5/849, 851
- Электроосмотическое скольжение 5/865
- Электроосмофильтрация 2/1300
- Электроотрицательность 5/896, 461, 463, 897, 920; 3/413; 4/153, 1005
- Электроперенос 5/897, 898; 2/553
- Электроповерхностные явления 5/898, 849, 899
- капиллярные 5/844, 845, 846, 898; 2/859; 3/1171–1173; 4/153, 730
- кинетические 5/848, 849–851, 898, 914; 2/3, 156, 408, 859; 3/1173. См. также *Электромиграционные методы*
- Электрополирование 5/912, 925
- Электропорация ДНК 4/1243, 1244
- Электропроводность 4/57; 5/745. См. также *Проводимость*
- металлов 3/97, 98
- полупроводников 4/103–108
- резины 4/442–444
- электролитов 5/899, 857–861, 867, 900, 901, 923, 924; 2/8, 210, 292, 864, 895–897; 3/100, 634; 4/376
- Электроразрядные устройства. См. также *Электрические разряды*
- вакуумметры 1/663, 664
- лазеры 2/1116, 1117, 1119
- Электрорафинирование 2/553; 5/854, 923, 926
- Электросинтез 5/901, 847, 854, 855, 902, 903, 922, 923; 4/128
- Электростатические эффекты и методы 2/48, 563, 1131; 3/16–18, 634, 1263; 4/349
- Электротермография 4/508
- Электротехнические сплавы 2/262, 1333; 4/808, 809
- Электрофакс 4/502
- Электрофилы 5/903–907
- Электрофильные реакции 5/903, 904–907; 1/243, 299, 361, 420, 421, 512, 518, 520, 526, 527, 596–598, 604, 941, 942, 968, 994–996, 1060, 1113, 1114, 1153, 1154, 1179, 1185, 1186; 2/65, 89, 90, 97, 104, 106, 135, 179, 245, 274–277, 346, 372, 397, 534, 620–622, 628, 645, 716, 745, 831, 940; 3/28, 294, 295, 315, 512, 787; 4/414, 553, 1117. См. также *Реакции химические*
- азосочетание 2/314, 359; 3/710
- алкилирование 2/90, 95, 314, 409, 456; 3/980; 4/66; 5/907
- аминометилирование 3/709, 710
- ацилирование 2/90, 314, 359, 409, 456; 3/91, 980; 4/66, 1026; 5/635, 636, 721, 905, 907
- бимолекулярные 2/128, 313, 940; 5/904
- в ароматическом ряду 1/373; 2/314; 3/1022; 4/417; 5/905–907
- Виттига 2/416; 5/905
- внедрения 2/651
- галогенирование 1/953; 2/28, 90, 91, 95, 360, 409, 441, 456, 651, 943; 3/384, 387, 526, 710, 951, 1054; 4/66, 273, 1055, 1156, 1201, 1202; 5/131, 739, 906, 907
- гидратация 1/1077
- гидрирование 1/1083
- гидролиз 1/1077
- Гриньяра 2/416
- дейтерирование 2/25, 943; 4/1156; 5/635
- декарбосилирование 2/28, 1169
- диаминамирование 2/70
- заместительные, см. *Замещения реакции*
- и нуклеофильные реакции 5/904
- изомеризация 5/904, 905
- карбосилирование 2/95
- Клайзена 5/905
- меркурирование 2/651; 3/28, 91; 4/553, 554; 5/635, 721
- металлирование 2/90; 3/91
- метилирование 4/1198
- мономолекулярные 2/128, 314; 4/416; 5/904
- нитрование 2/90, 91, 314, 360, 439, 456, 534; 3/28, 384, 387, 526, 528–530, 558; 710, 951; 4/66, 273, 1156, 1201; 5/131, 905
- нитрозирование 2/943; 3/54, 535, 710; 5/905
- обменные, см. *Обменные реакции*
- окислительно-восстановительные 2/945
- перегруппировки(а) имид-амидная 2/415
- молекулярные 3/938, 939
- Пикте–Шпенгера 3/1022
- присоединительные, см. *Присоединительные реакции*
- протоселенифирование 2/534
- протонирование 2/114, 115; 4/244; 5/907
- Реформатского 2/416
- симметризация 4/686, 554
- стереоспецифические 2/128, 129, 313; 4/554
- Стивенса 5/905
- сульфирование 2/90, 314, 360, 441, 456; 3/28, 91, 387, 526, 1054; 5/66, 1055, 1201
- трансаниулярные 4/1228
- формилирование 2/90, 95; 4/1026, 1156, 1157; 5/224
- Фриделя–Крафта 5/367, 905
- Фриса 5/905
- Фрича–Бутенберга–Викелля 5/373
- хлорметилирование 2/90; 5/721
- цианирование 2/943
- циклизация 3/980
- Электрофлотация 5/206, 210
- Электрофорезирование 5/866, 867
- Электрофорез 1/559; 2/31, 200, 395, 859, 860, 916, 1130, 1299, 1300; 3/55, 287, 929, 1173; 4/39, 191, 523, 1011; 5/847–851, 863–867, 898, 900
- Электрофотография 3/1226; 4/501–503, 506, 509; 5/904
- Электрохемилюминесценция 2/1224, 1230; 5/446
- Электрохимическая защита 5/907, 908, 909, 924; 1/549; 2/322, 323, 435, 436, 947, 949, 950, 952; 3/274, 890, 891, 1088. См. также *Электрохимическая коррозия*
- Электрохимическая кинетика 5/910, 106, 637–639, 839, 840, 843, 844, 853, 854, 911, 923, 926; 2/145, 194, 435 и метод импедансный 2/429
- – фарадеевского выпрямления 5/105
- и потенциалы системы, см. *Электрохимические потенциалы*
- коррозии металлов 2/953–955
- ток, см. *Ток диффузионный, Ток обмена*
- уравнение Тафеля 4/993
- Электрохимическая коррозия. См. также *Коррозия металлов*
- защита, см. *Электрохимическая защита*
- киннетика 2/953–955
- межкристаллитная 3/15
- морская 3/273, 274
- пассивная 3/1086, 1087, 1088
- подземная 3/1179, 1180
- Электрохимическая обработка металлов 5/911, 912, 913. См. также *Поллирование, Травление, Цементация*
- анодная, см. *Анодное растворение*
- катодная, см. *Гальванотехника*
- оксидная, см. *Оксидирование*
- Электрохимическая термодинамика 5/466
- Электрохимические методы исследования и анализа 5/172, 173, 836–838
- вольтамперометрические, см. *Амперометрическое титрование, Вольтамперометрия, Поляррография*
- высокочастотные, см. *Кондуктометрия*
- гравиметрия 5/836, 837, 838, 933; 1/1182; 3/8, 475
- импедансные 2/429; 5/915, 919, 926
- окислительно-восстановительные, см. *Кулонометрия*
- потенциометрические, см. *Потенциометрия*
- фарадеевского выпрямления 5/105, 106, 919
- ферментативные 5/147, 148, 150, 151
- хроноамперометрия 5/637, 638
- хронопотенциометрия 5/638, 639; 2/194
- Электрохимические процессы 5/362, 363, 922. См. также *Электродные процессы, Электролиты*
- в звуковых полях 2/491; 5/62

- в источниках тока, см. *Химические источники тока*
- галогенирование, см. *Электрогалогенирование*
- дегалогенирование 2/11
- диссоциация, см. *Электролитическая диссоциация*
- допирование 3/1215, 1216
- и законы Фарадея 5/106, 107, 854, 895, 921, 922; 1/314; 2/1097; 3/413
- и кристаллизация, см. *Электрокристаллизация*
- и осаждение, см. *Электроосаждение*
- и потенциалы систем, см. *Электрохимические потенциалы*
- и электрохимический ряд напряжений
- и преобразователи информации 5/913–915
- и рафинирование, см. *Электрорафинирование*
- и сенсоры 5/915, 916
- и электрохимические цепи, см. *Электрохимические цепи*
- импеданс 5/918, 919, 920
- ионизация 5/839, 847, 854, 910, 911
- каталитические, см. *Электрокатализ*
- кинетика, см. *Электрохимическая кинетика*
- колебательные 2/851
- Кольбе реакция 2/121, 863; 3/347; 5/922, 923, 973, 1012
- коррозия, см. *Электрохимическая коррозия*
- крекинг, см. *Электрокрекинг*
- мембранные, см. *Электромебранные процессы*
- металлообработка, см. *Электрохимическая обработка металлов*
- окислительно-восстановительные 2/1097–1100; 5/363, 384. См. также *Электровосстановление*, *Электроокисление*
- «перекрестные» 2/863
- приборы, см. *Электрохимические устройства*
- Пшорра 4/279
- раземизация 2/863
- синтез, см. *Электролиз*, *Электролиз*, *Электрохимия*
- токообразующие 1/972, 973
- фотоувеличительные, см. *Фотоэлектрохимия*
- Электрохимические устройства
- анализаторы газов 1/892–894; 2/768
- жидкостей 2/292, 293
- генераторы 4/1211
- детекторы 2/44, 45
- источники тока, см. *Химические источники тока*
- преобразователи информации 5/913, 859, 914, 915, 920, 924
- сенсоры 5/915, 916, 917; 4/627
- электрохимические цепи, см. *Электрохимические цепи*
- ячейки 2/895–897; 4/627, 819; 5/363, 487–489, 911, 913–916, 919, 924
- Электрохимические цепи 5/917, 918; 2/429; 3/23; 4/154, 819–821, 1030
- Электрохимический импеданс 5/918, 919, 920
- Электрохимический потенциал 5/920, 466, 499; 3/22–24, 669, 670. См. также *Диффузионный потенциал*
- Электрохимический ряд напряжений 5/920, 895, 896, 926, 991; 3/99, 413, 667
- Электрохимический эквивалент 5/921
- Электрохимия 5/921, 177, 922–925; 3/413; 4/123, 124
- и биология, см. *Биоэлектрохимия*
- и фотохимия, см. *Фотоэлектрохимия*
- полупроводников 5/925, 362
- прикладная 5/839. См. также *Электролиз*, *Электролиз*, *Электрохимические процессы*
- расплавов 5/925, 926, 927
- электронно-проводящих фаз, см. *Электропроводящие фазы*
- Электродные процессы, Электрохимия
- Электрохимические реакции 5/927, 928; 1/841, 843; 3/324, 939, 964; 4/420, 993
- Электролиз 5/854, 923
- Электролизеры 5/836
- Электролизитаксия 5/898
- Электрум 2/334
- Элеман 4/660
- Элемент 106 5/928, 929
- Элемент 107 5/929
- Элемент 108 5/929
- Элемент 109 5/929
- Элементарные акты, см. *Динамика элементарного акта*, *Элементарные реакции*
- Элементарные реакции 4/721, 722
- акты 5/170
- динамика, см. *Динамика элементарного акта*
- и компенсационный эффект 2/868
- и спина 4/790
- в растворах 3/140
- каталитические 2/688–693; 3/79
- колебательные 2/848
- «концертные» 3/143
- мезоматрицы 3/32
- механизмы 3/140–143
- молекулярность, см. *Бимолекулярные реакции*, *Мономолекулярные реакции*, *Тримолекулярные реакции*
- пиролиз нефтяного сырья 3/1062
- полимеризация 3/1266
- при низких температурах 2/1033
- энергия активации, см. *Активация процессов*
- Элементарные частицы 5/929, 868, 869, 930, 931; 1/407, 408, 787; 3/31, 32, 401, 402; 4/243, 244. См. также *Античастицы*, *Горячие атомы*, *Мезонная химия*, *Ядерная химия*, *Индивидуальные частицы материи*
- Элементарный анализ 5/932, 497, 933; 1/119–121, 292, 295, 296, 810; 2/291–293, 709–712, 855; 3/458, 459, 794, 795; 4/158, 159. См. также *Физические, физико-химические и химические методы анализа*, *Отдельные методы*
- Элементоорганические соединения 5/935, 781; 1/869, 1204, 1205; 2/158, 464–466, 534; 3/660; 4/1027. См. также *Индивидуальные представители и их группы*
- металлоосаждение, см. *Металлоосаждение*
- олигомеры 2/804
- полимерные, см. *Полимеры*
- Элементы
- в химии, см. *Элементы химические*
- как прыгающие гены, см. *Мигрирующие генетические элементы*
- химических источников тока, см. *Гальванические элементы*, *Топливные элементы*
- чувствительные, см. *Сенсоры*, *Отдельные устройства*
- Элементы химические 5/935, 506, 507, 936–988; 1/189–191. См. также *Отдельные элементы*
- актиноиды, см. *Актиноиды*
- атомофильные 1/1015
- биогеинные 2/1010; 4/630
- в ископаемых остатках, см. *Палеобиогеохимия*
- геохимическая классификация 1/1015, 1016; 3/96
- закон кратных отношений 2/984; 3/413; 4/866
- периодический Менделеева 3/963, 412, 413, 955; 5/508
- и номенклатура веществ 3/575
- изотопный состав 1/403; 2/381–395
- изотопные ряды 4/106
- искусственные 2/1107, 1111, 1214; 3/956. См. также *Ядерные реакции*
- как индикаторы поиска ископаемых 1/1016
- как совокупность атомов, см. *Атомы*, *Валентность*
- кларки 2/789, 1/1017, 1018; 4/349, 431, 434; 5/915, 916, 936. См. также *Космохимия*
- лантаноиды, см. *Лантаноиды*
- леггирующие 4/806; 5/651, 652
- лифилильные 1/1015; 3/99; 4/710
- магматические 1/1015
- металлические, см. *Металлические химические элементы*
- металлоидные и металлогенные 1/1015
- миграция 1/1015–1021; 2/789
- переходные 3/949, 96, 412, 950; 5/936. См. также *Переходные металлы*
- периодическая система, см. *Периодическая система химических элементов*
- радиоактивные 1/1015; 2/1107; 4/298–300. См. также *Отдельные представители*
- растворы 4/349, 350, 431, 443, 547, 562–565, 593, 710; 1/672, 1015; 2/334, 789; 3/99, 304, 823, 849; 5/845, 936
- редкие, см. *Редкие элементы*
- РЗЭ, см. *Редкоземельные элементы*
- самородные 3/95, 166; 4/560; 5/936. См. также *Отдельные представители*
- лифилильные 1/1015
- технофильность 4/349, 350
- трансплютоновые 3/1155
- трансурановые 4/1241, 1257; 1/408; 2/370; 3/97, 99, 402, 956; 5/935, 1023
- халькофильные 1/1015; 3/99; 5/437, 438. См. также *Кислород*, *Сера*, *Селен*, *Теллур*
- циклические 1/1015
- щелочноземельные, см. *Щелочноземельные элементы*
- щелочные, см. *Щелочные металлы*
- β,γ-Элементы 4/659, 660
- Энелиацетат 5/938
- Элеиум 4/269, 1193, 1224, 1225
- Элеол 5/938; 1/187
- Элеостариновая кислота 2/306; 4/377, 378; 5/26
- Элиминирования реакции 5/938, 87, 277, 365, 733, 740, 784, 939, 940, 1008; 1/39, 370, 600, 658, 659, 711, 1060, 1179, 1180; 2/129, 180, 279, 621, 794, 874, 935, 1103, 1203, 1236; 3/77, 79, 80, 103, 221, 507, 552, 896, 938, 939; 4/415, 620, 720, 925, 930, 933, 1147, 1152, 1205. См. также *Распад*, *Расщепление*
- бимолекулярные 1/1180; 5/938, 939
- водорода, см. *Дегидрирование*, *Дегидролиз*
- водородообильные 2/874, 934; 3/77, 79, 80, 1130
- галогена, см. *Дегалогенирование*
- галогеноводорода, см. *Дегидрогалогенирование*
- дегидрирование 1/1113; 2/12, 678, 684; 3/45, 346; 4/193; 5/714
- диоксида углерода, см. *Декарбокслирование*
- диазометод 3/432. См. также *Дезаминирование*
- и внедрения превращения 3/77, 78
- камфеновые перегруппировки 2/598–600
- мономолекулярные 5/939
- по Бредту 1/606
- по Бэмфорду–Стивенсу 1/658; 5/939
- по Гофману, см. *Гофмана реакция*
- по Дёрингу 2/36, 37, 1103
- по Зайцеву, см. *Зайцева правило*
- по Коупу 2/966, 1252
- по Мейервейну–Пондифорфу–Верлею 3/11
- по Мейеру–Шустеру 4/562
- по Норришу 5/356, 364
- по Пинемукке 3/1091
- по Рупе 4/562
- по Хеку 5/439
- по Чугасву 5/779
- природные 5/503, 939
- периодические 5/939
- радикальные 5/939
- стереоспецифические 2/129, 913; 4/344, 425; 5/939
- хелатронные 5/442, 443
- ферментативные 2/969, 970, 1168, 1169
- фотохимические, см. *Фотохимические реакции*
- циклизация 1/1180; 2/129; 4/416; 5/738
- Элимоклавины 5/967, 968
- Эливары 2/261, 262, 828, 1243
- Эллаговая кислота 2/973, 974; 4/978
- Элластолен 5/87
- Эллипсометрия 5/940, 941; 2/3; 4/1206
- Эллиптон 4/451
- Элмана реактив 5/941, 768, 942
- Элюгация
- репликация 4/495–498
- транскрипция 4/1229–1231
- трансляция 4/1232–1237
- фактор G 1/472
- ЭЛОУ–АВТ–установка 2/166–168; 3/609, 610
- Элсона–Моргана метод 1/264
- Эльбса реакция 5/942, 142, 941; 4/907
- Эльпасолит 5/391
- Эльсортит 3/489
- Эльтекова правило 5/943
- Элюэты 2/293–298, 383, 506, 507, 518, 519, 1172; 5/620–627
- Эмалевые краски 2/978, 1296, 1297; 5/945. См. также *Эмали*
- Эмали 5/943, 62, 134, 761, 944, 945; 2/251, 354, 950, 982, 1132, 1278; 3/1000, 1009, 1140, 1192, 1223, 1224; 4/681, 878
- алкидные 1/153, 154; 2/1296
- водоразбавляемые 1/773
- горячей сушки 1/114
- дефекты 2/48
- как краски 2/978, 1296, 1297; 5/945
- как твердые соли 2/332
- кислотоупорные 2/776
- масляные 2/1296, 1297
- перхлорвиниловые 3/991
- полуфабрикатные лаки 2/1015, 1128
- стеклоидные 2/322
- термостойкие 2/255
- эпоксидно-каменноугольные 3/895
- Эман 4/317
- Эманационный метод 5/945, 946, 947; 2/35; 4/335
- Эманирования коэффициент 5/946
- Эматаль-покрытия 3/696

- Эмблионы 1/98
Эмблема, пленка 3/1139
Эмблент 1/611
Эмде расщепление 5/947
Эмерсона эффекты 5/349
Эмметиз 5/947, 948; 1/145; 4/227, 238
Эмиссионный анализ
атомный, см. *Атомные методы анализа*
спектральный 2/1010, 1038, 1121, 1235; 3/8, 475; 4/470–472, 550, 640, 775–782; 5/104, 750, 762
фотометрический, см. *Фотометрия пламени эмиссионная*
Эмиссия частиц, см. *Ионы, Электроны*
Эмиттеры 1/895; 4/712; 5/444, 445
Эмодинантрон 2/972
Эмодины 4/712
Эмоксилин 3/710
Эмпеталь 5/726
Эмуляны 4/731
Эмуляты 4/731
Эмульгаторы 1/17, 119, 139, 268, 1144, 1145, 1210; 2/83, 84, 114, 146, 278, 304, 491, 648, 1177; 3/283, 336, 337, 378, 700, 701, 712, 716, 724, 876, 992, 1041, 1089, 1166, 1228, 1233; 4/719, 580, 769, 770, 833, 929, 977; 5/59, 62, 323, 330, 571, 948–951, 974. См. также *Эмульсии*
Эмульгирование, см. *Эмульгаторы, Эмульсии*
Эмульсия 5/948, 871, 949, 980; 2/145, 146, 611, 860; 3/1167
акриловые 3/997
битумные 1/564
ветеринарные 2/226
вода–масло 3/992, 1163, 1168
вязкость 1/872
газовые 2/153
гидрофильно-липофильный баланс 3/1163
грубодисперсные 2/153
и мономолекулярный слой 3/261
и ультразвук 5/59
коагуляция 1/1001
коалесценция 3/1172
критические, см. *Микроэмульсии*
масло–вода 3/992, 1163; 4/376
материалы, см. *Эмульсионные материалы*
металлоплакирующие 3/86
множественные 5/830
нефтяные 3/608–610, 717, 718, 724
образование, см. *Эмульгаторы*
обратные 3/168; 5/948, 949, 951
парафин–стеариновые 2/323
пестицидных препаратов 3/992
поливинилацетатные 2/232, 328
процессы, см. *Эмульсионные процессы*
пseudогели 1/1001
разделение 5/824, 825
разрушение, см. *Дезэмульгаторы*
спумогенные 1/1001
стабилизаторы 4/38; 5/39, 948, 949
текстильно-вспомогательных веществ 4/1012
тонкие пленки 4/1206, 1207; 5/776
фотографические, см. *Фотографические эмульсии*
Эмульсионные материалы
воски 1/164
жидкие мембраны 3/53
каучуки 1/635; 2/602, 603; 3/376
клеи 2/799
краски, см. *Водоэмульсионные краски*
искусственная пища 2/539
присадки 4/1115
смазочно-охлаждающие жидкости 4/725, 726
Эмульсионные процессы
- поликонденсация 3/21, 1210, 1212; 4/95
полимеризация 5/950, 571, 949, 951; 1/632, 635–637, 788, 789; 2/706, 921; 3/186, 728, 732, 978, 1168, 1169, 1196, 1198, 1223, 1233, 1235, 1261, 1266; 4/21, 40
сополимеризация 2/631; 3/192; 4/40; 5/397
Эмульсолы 2/146; 4/725, 726
Эмультал 5/951
Энантиоманол 2/1285
Энантиомерия 2/367
Энантиомеры 1/173, 388–393; 2/367, 369, 599, 908, 909, 1103, 1171, 1172; 3/569, 772, 797, 1036, 1037; 4/388–392, 605, 848, 857, 858, 925, 945, 1217; 5/129, 538, 541, 731, 732, 952
Энантиоморфизм 5/952; 1/392; 2/1067; 3/772; 4/858
Энантиселективный синтез 1/389, 1161; 4/535, 854, 855; 5/538
Энантиотопия 4/855, 858, 1211–1213, 1215; 5/538
Энантиотопомеризация 4/1216
Энантиотропность 4/24; 5/15
Энантовая кислота 2/226, 643, 644
Энантовый альдегид 1/1023; 2/660
«Энантол» 1/1023, 1024
Энантоксин 5/1054
Эндиковый ангидрид 5/964
Эндо..., см. *Экзо..., эндо...*
Эндобил 4/478, 479
Эндозаг 2/327
Эндогенные соединения 2/101, 130, 604, 606; 5/195
Эндогликанозы 1/1126
Эндогликозиды 1/1126; 4/215
Эндолоканазы 5/661, 662
Эндодезоксирибонуклеазы 5/952; 1/1097; 4/509, 510
Эндодоран 1/999
Эндоксан 5/745
Эндометилентетрагидрофталевый ангидрид 5/964
Эндонуклеазы 2/20, 604; 3/584
Эндопептидазы 1/1097; 3/199; 4/194, 216; 5/517, 518, 1036
Эндополигалактуроноза 2/423
Эндополисахаридазы 1/1126
Эндорфины 2/1200; 3/400, 765, 766
Эндоскопы 2/49
Эндосульфат 2/343, 469, 470
Эндотал 2/38, 53, 1274
Эндотоксины 2/423, 468, 1198; 4/1195
Эндодермис 2/31
Эндоспириты 5/958
Эндрин 2/343, 470
Энергетическая динамика 5/475, 476
Энергетически разветвленные реакции 2/755; 5/689–691
Энергетические ураны, см. также *Энергия*
атомов, правило Хунда 5/640
в лазерах 2/1114–1118
вырожденные, см. *Вырождение энергетических уровней*
динамика 5/475, 476
зеэмановские, см. *Зеэмана эффект*
зоны проводимости 3/73
и зарождение новой фазы 2/317, 318
и коагуляция 2/816–818
и жесткость молекул 3/391–394
квантовой системы 2/728
колебательные 2/852–855
комбинационный рассеяния 2/864–867
координационных соединений 4/121, 122
мёсбауэровские 3/64, 65, 67, 68
расчеты 3/467, 468; 5/642–644
расщепление 2/328–330; 5/26–28
сдвиг 1/799; 3/66, 67
Ферми 4/995; 5/361
- электронов 3/959–962; 4/103
Энергетический выход реакции 2/901, 902; 5/60
Энергетический обмен веществ 3/611, 624, 625
Энергетического соответствия принцип 2/693
Энергия(и)
адгезии 1/36, 37
активации, см. *Активация процессов*
атомная 1/408
взаимообмена в растворах 4/368
внутренняя, см. *Внутренняя энергия, Молекулы*
высокие, химия 5/514, 515
делокализации, см. *Ароматичность*
дисперсионного взаимодействия 2/147
диссоциации 2/158, 852, 853, 984; 3/18; 5/331, 463
зажигания 3/1187
и обмен веществ 1/561; 3/611, 624, 625. См. также *Биоэнергетика*
и эксергия 5/805
ионизации 2/501, 526; 4/151–153; 5/331
ионизирующих излучений 2/499
коезии 2/833; 4/732
кристаллических структур 2/510
массы 3/935
межфазная 3/1161
минимум, см. *Вариационный метод*
напряжения, см. *Напряжение молекул*
орбитальные 2/1104; 3/233, 235, 236, 778, 780–782
перенос 1/336; 2/499; 4/295, 296, 829–832, 870, 1065, 1066. См. также *Переноса процессы*
поверхностная, см. *Поверхностная энергия, Поверхностное натяжение*
полная системы, см. *Гамильтониан*
пороговая 4/871, 872
потенциальная, см. *Потенциальная энергия*
промотирования 1/666
распространение, уравнение 4/1044, 1045
рассеяния 4/1068, 1069
резонанса 1/377; 3/19; 4/447
реорганизация растворителя 4/409
свободная 2/913, 939, 941, 942. См. также *Гельмгольца энергия, Гиббса энергия*
связанная 3/1161; 5/1032
сольватации 2/912, 913; 4/750
сопряжения в полупроводниках 4/108
сохранение, закон 4/772, 773, 825; 1/1046
стабилизации переходного состояния 4/419, 420
стерическая 2/910
термозная способность 2/500
уровни, см. *Энергетические уровни*
Ферми 2/794

- 1,4-Эпидиоксид-2-п-ментен 1/393
 Эпидитиацилоалканы 2/170
 Эпикамфора 5/957
 Эпикатехи 1/556
 Эпикопростанол 1/225; 226
 Эпикрил 3/746
 «Эпиламы» 5/395
 Эпиманолюксид 2/284
 Эпиманоол 2/284, 1148, 1285
 Эпимеразы 2/363, 364; 5/957
 Эпимеризация 5/957, 574, 715; 2/363, 364, 368, 629, 752, 943, 1211; 3/268, 270, 286, 378, 380
 Эпинефрин 1/48
 Эписомы 3/149, 150, 1096
 Эписульфиды 5/7, 264
 Эписульфидные соединения 2/130; 4/913; 5/791
 Эпитаксия 5/958, 321, 323, 898; 1/677, 875, 876; 2/318, 452–454, 558, 1009; 3/240, 335, 415, 421, 1103–1105; 4/112–117, 346, 1270
 Эпиторулозол 2/284
 Эпифлок 4/86
 Эпихлоргидрин 5/959, 137, 960, 962, 963; 1/179, 180, 311, 949, 960, 994, 1146–1148; 2/31, 95, 655, 707, 708, 988; 3/1239, 1270; 4/84, 86, 94, 613, 1128
 каучуки 5/959, 960, 961; 2/707, 708; 4/94, 203
 Эпихрома 5/961
 Эпкар 5/993
 Эпокрил 3/746
 Эпоксидирование 5/961, 8, 732, 959, 963; 1/951, 952, 1096, 1146, 1180; 2/2, 130, 131, 135, 285, 657, 706; 3/79, 319, 323, 732, 739, 740, 975, 977, 982; 4/169, 203. См. также *Эпоксидные материалы, Эпоксидные соединения*
 Эпоксидное число 5/961
 Эпоксидные материалы. См. также *Эпоксидирование, Эпоксидные соединения*
 автокосметика 1/19
 герметики 1/1046
 волокнисты 1/871
 вяжущие 1/871
 грунтовки 1/207
 дубители 2/236
 каучуки 2/285, 706–708; 4/31, 94, 202–204; 5/959–961
 клеи 2/804; 4/716
 композиционные 2/867, 868, 878–880
 краски 4/142, 144
 лаки 5/961, 134, 962; 3/743
 мастики 2/1319
 пластики 1/593; 3/1121; 4/844, 845
 покрытия 2/322; 3/86, 646
 препреги 4/163
 шпатлевки 5/787
 Эпоксидные смолы 5/962, 7, 134, 142, 430, 959; 1/151–152, 179, 1013; 2/95, 328, 660, 804, 806, 1014; 3/86, 114, 159, 724, 728, 732, 743, 745, 802–804, 822, 839, 840, 902, 903, 911, 991, 1121, 1139, 1180, 1197, 1210, 1212, 1264, 1265; 4/332, 333, 502, 661, 668, 723, 739, 765, 969, 1007, 1090
 активность, см. *Эпоксидное число*
 карборансодержащие 2/648
 металлонаполненные 3/87
 новолачные 5/137
 полифункциональные 5/137
 радиационная стойкость 4/291
 растворы, см. *Эпоксидные лаки*
 Эпоксидные соединения 1/150, 266, 391, 533, 633, 960, 966, 995, 1077, 1113, 1134, 1147, 1148; 2/118, 286, 345, 404, 1148, 1280; 3/516, 744–746, 867, 922, 1046, 1116; 4/93, 287, 468, 916, 1141, 1163; 5/17, 95, 96, 124, 255, 266, 278, 280, 746, 961, 987, 989–991, 995. См. также *Оксираны*
 материалы, см. *Эпоксидные материалы*
 олигомеры, см. *Эпоксидные смолы*
 определение 3/796; 5/959
 получение, см. *Эпоксидирование*
 раскрытие цикла, см. *Красуского правило*
 Эпоитол 4/812
 ЭПР, см. *Электронный парамагнитный резонанс*
 Эпсин 5/993
 Эпсомит 1/956; 2/1234, 1250
 Эптам 1/330, 1030
 Эпштейна формула 1/447
 Эрадикаи 1/330, 1030
 Эрбий 5/965, 164, 938, 966, 967; 1/1185; 2/222, 1123, 1147, 1242; 3/413, 955, 957, 958; 4/432–434, 438, 586, 809
 Эргокалоиды 5/967, 968, 969; 2/1322; 3/156
 Эрголическая гипотеза 3/213, 214
 Эргокальциферол 1/745–747, 751, 752
 Эргокорин 5/967, 968
 Эргокриптин 5/967, 968
 Эргокристины 5/967, 968
 Эргокристинин 5/967
 Эрголины 3/156; 5/967
 Эргометрин 2/1322; 3/156; 5/967
 Эргоновин 5/967, 968
 Эргостерин 1/746, 748, 750, 826; 2/232; 3/49, 156; 4/859, 860; 5/422
 Эргостерол 4/233
 Эрготамины 5/969, 967; 2/1322; 3/156
 Эрготоксины 5/968
 Эрмелантин 5/969, 970
 Эрнит 4/774
 Эрголауцины А 2/450
 Эрioniт 2/676; 5/679–681
 Эрioxром черны Т 1/459; 2/282, 451, 553, 580, 1235; 5/750
 Эрioxромциан 1/209
 Эрioxромцианин 4/936
 Эритиденин 4/274, 275
 Эритрин 1/382; 2/819
 алкалоиды 5/969, 970
 D-Эритрит 3/615, 616
 Эритроза 2/367; 3/263; 5/957
 Эритрозины 2/449, 1082, 1217
 D-Эритрозо-4-фосфат 3/615, 616; 5/121
 α,β-Эритроидины 5/969, 970
 Эритроизомеры, см. *Изомерия*
 Эритрокруорины 1/1006
 Эритромицины 2/1262, 1263
 Эритрооксисантрахион 3/689, 690
 Эритропентин 2/1155
 Эритроптерин 2/975; 4/270
 D-Эритрудоза 3/264, 615, 616
 Эритрулозофосфаты 3/615, 616, 918, 919
 Эрленмейера кислота 2/935
 Эрленмейера–Плехля синтез 1/198; 4/1170
 Эрлифты 1/62; 3/339
 Эрлиха
 реагент 2/113, 114; 3/1079; 4/713; 5/970
 реакция 5/970
 Эрлихманит 3/823, 824
 Эрмитовы операторы 2/718, 720
 Эрозия
 и коррозия металлов 2/956
 почв 2/861; 3/1169
 Эруковая кислота 1/863, 864; 4/378
 Эсбагол 4/694
 Эскалант 5/614
 Эскорез 3/444
 Эспа 4/49, 50
 Эсперон 3/292, 293
 Эспрен 5/993
 Эссо-бутил 1/645–647
 Эстан 5/87
 Эстанса метод 5/845
 Эстар 3/1139
 Эстафетный перенос протонов и электронов 1/548
 Эстеразы 1/435, 1097, 1098; 2/635
 Эстефат-383 1/149
 Эстоцины 1/296, 297; 4/230
 Эстрадиол 1/1173; 4/511; 5/970, 971
 Эстран 1/1048; 4/862, 865; 5/970, 971
 Эстратриенолы 5/970, 971
 Эстраит 5/972
 Эстриол 1/1171, 1173; 5/971
 Эстрихлпс 1/871
 Эстрогены 5/970, 218, 606, 971, 972; 1/747, 1047, 1048; 2/606; 4/236, 862, 863, 865
 Эстроны 1/1173; 2/605, 606; 5/970–972
 Эсулан 4/230
 Эта (η) ... 1/981; 2/274–276
 Этазол 4/901, 902
 Этаконазол 5/419
 Этакриновая кислота 2/180, 181
 Этамбутол 5/973; 4/241, 242
 Этамзилат 1/322
 Этаминал-натрий 5/973; 1/455; 4/742
 Этамницин 2/34, 35; 3/711
 Этан 5/973
 получение 1/927–929, 932, 947; 2/677, 680, 686, 810, 811, 843, 844, 898; 3/53, 347, 462, 666, 726, 727; 4/194, 460, 461; 5/998
 свойства 1/6–8, 68, 759, 760, 913, 914, 948, 1158, 1163; 2/10, 221, 300, 362, 672, 907, 984, 1077; 3/345, 346, 392, 557, 672, 739, 785, 1062, 1064–1066; 4/194, 421, 691, 767; 5/27, 36, 65, 690, 834, 983
 Этаналь 1/196, 423, 424
 Этан-бутановая нефтяная фракция 4/1059
 Этандиаль 1/1141, 1142
 Этандиовая кислота 3/253; 5/795, 796
 1,2-Этандиол 1/1133; 4/801, 802; 5/984–986. См. также *Этилглицераль*
 Этан-β-дисульфид 4/905
 1,2-Этаидитиол 2/175, 178
 Этанимины 1/200
 Этанинтрил 1/437, 438
 Этановая кислота 2/643, 644; 5/55, 56
 Этанол, см. *Этиловый спирт*
 Этаноламиды жирных кислот 5/973, 974
 Этаноламины 5/974, 246, 975, 976, 991, 993, 994; 1/264, 265; 2/123, 171, 970, 1189, 1311; 3/63, 681, 719; 4/206, 642. См. также *Моносоединения*
 Этанол-лигнин 2/1173
 Этансульфамид 4/897
 Этансульфокислота 4/924
 Этансульфохлорид 4/937
 Этантиол 3/653; 4/1136
 Этара реакция 5/976
 Этацизин 5/1001
 Этеша уравнение 4/763
 Этии 5/982
 Этиоиденин 4/277
 Этиоадеинозины 1/42
 Этиерификация 1/1097, 1218; 2/212, 304, 648, 755, 756, 889; 3/102, 105, 107, 506, 532, 604, 1221; 4/748, 924, 1156; 5/279, 665–668, 986, 1011. См. также *Эфиры сложные*
 внутримолекулярная, см. *Фосфорилирование*
 гидрилотическая 5/998
 и протонирование 4/245
 и ударные волны 5/53
 каталитическая 2/702; 5/10, 260
 модифицирующая 5/137
 самопроизвольная 3/253; 4/527, 1127
 стерические требования 2/913
 тепловые эффекты 4/1086
 Этерозолы 2/331
 Этефон 2/53, 54; 4/429
 Этпенал 4/238
 Этил 1/154; 3/569, 572; 4/304
 Этиладиприлат 1/47
 Этиларклат 5/977, 997; 1/115, 116; 2/236, 808; 4/22
 N-Этилалкиламины 5/978
 Этилалкиловые эфиры 5/1007
 Этилаль 1/422
 Этилаломинилгалогениды 1/210, 645; 2/673; 5/14
 N-Этиламиниды 5/978
 3-Этиламино-1,2-бензизотиазол 1/492
 2-Этиламино-4-гидрокситолуол 2/1083
 2-Этиламино-2-фенил-1,3-нидаидион 2/439
 м-(Этиламино)фенол 5/378
 Этиламинины 5/977, 978, 979, 995, 997; 1/27; 2/171, 550, 1032; 3/569, 619, 620; 4/750
 N-Этиланлиды 5/711
 N-Этиланлины 1/155, 389; 2/456
 2-Этилантрагидрохинон 1/780
 Этилантраниллат 1/349
 Этилаты 1/168; 5/995
 Этилацетат 5/979, 56, 221, 745, 995, 997, 1001; 1/6–8, 424, 425, 427, 428, 440, 1096, 1175; 2/278, 806, 825, 936, 1104, 1320; 3/114, 121, 323, 1059; 4/211, 445, 866, 1037
 Этилацетоацетат 1/335, 439, 440
 N-(N-Этилбензил)-L-гидроксипролин 2/1172
 Этилбензоат 1/421, 510; 2/87, 785
 Этилбензоиллацетат 1/506
 Этилбензол 5/980, 56, 681; 1/158–160, 373, 375, 441, 497, 513, 528; 2/210, 671, 672, 686, 845, 846; 3/292, 450, 462, 466, 673, 738, 833; 4/869
 гидропероксид 3/732; 4/202, 203
 сульфаты 1/1110
 хром 5/615
 Этилбромид 4/1110; 5/121, 973, 994
 Этилбромалонат 1/531
 2-Этил-1-бутен 1/999
 2-Этилбутилцеллозольв 5/659, 660
 Этилванилин 1/680; 3/1089
 Этилвинилбензолы 2/93, 210
 Этилвиниловые эфиры 1/119
 5-Этил-2-винилпиридин 1/721
 Этилгалогениды 5/979
 2-Этил-1,4-гексадиен 3/407
 2-Этилгексаналь 2/538; 5/980
 2-Этилгексан-1,3-диол 2/1298
 2-Этил-1,3-гександион 4/494
 2-Этилгексановая кислота 1/863, 864; 2/643, 644; 4/669
 2-Этилгексанол 5/980, 981; 1/65, 199, 204, 424, 649, 865, 867, 1025; 2/1297, 1298; 3/727, 728; 4/804
 Этилгексиллактат 2/808
 Этилгексилметакрилат 3/1196
 (2-Этилгексил)метилфосфонат 5/276
 2-Этилгексилфенилфосфорная кислота 1/541
 2-Этилгексилфосфаты 5/256
 бис-(2-Этилгексил)фосфорная кислота 3/57
 2-Этилгептановая кислота 4/669
 Этилгидразин 1/1072
 Этил-β-гидроксипропанол 1/440
 2-Этил-3-гидроксигексаналь 2/1297
 Этилгипохлорит 5/991
 Q⁶-Этилгуанин 3/294
 Этилгалогентиионфосфаты 1/961
 S-Этил-N,N-диизобутилкарбамат 1/330
 Этилдиизопропиламин 3/832

- О-Этил-S-β-дизопропиламиноэтил-метилфосфат (ви-газ) 5/981, 982, 1045; 2/9; 3/842-844
- 2-Этил-1,6-диоксаспиро[4.4]нонан 1/415
- О-Этил-S-дифенилдитиофосфат 5/421
- Этилдихлорфосфат 1/962
- Этилдихлорфосфин 1/963, 964
- Этилдихлорфосфит 1/966
- Этилдициклогексиламин 3/832
- Этилен 5/982. См. также *Олефины*
- жидкий 1/645; 3/1244
- комплексы с переходными металлами 2/930; 3/736, 1130; 4/554
- окись, см. *Этиленоксид*
- олигомеры, см. *Термоэластопласты*, *Этилен-пропиленовые каучуки*
- определение 1/894; 4/786
- получение 1/420, 513, 566, 567, 628, 904, 927, 929, 931, 1220; 2/11, 100, 140, 205, 375, 638, 677, 741, 845, 846, 1005; 3/53, 101, 104, 195, 197, 449, 451, 465, 726, 727, 913, 1007, 1061-1066, 1100; 4/194, 205, 313, 926, 1060; 5/469, 973, 990, 995, 997
- свойства 1/6-8, 159, 198, 254, 424, 431, 588, 650, 713, 715, 723, 841, 843, 923, 947, 948, 998, 1040, 1051, 1058, 1066, 1113, 1163, 1186, 1197; 2/53, 129, 202, 204, 210, 282, 533, 640, 665, 667, 672, 674, 691, 795, 851, 887, 921, 922, 1034, 1100, 1194, 1228; 3/18, 54, 78, 79, 104, 114, 116, 122, 228, 333, 407, 516, 582, 672, 728, 732, 736-740, 875, 964, 965, 1177, 1178; 4/193, 196, 204, 208, 265, 312, 418, 419, 499, 512, 607, 648, 690, 734, 869, 906, 928, 1037, 1123, 1202; 5/14, 16, 56, 119, 223, 256, 368, 439, 570, 646, 705, 711, 718, 719, 733, 834, 876, 973, 980, 983, 985, 987, 991, 994-996, 998, 1047
- сополимеры 5/983, 389, 402-404, 977, 982, 984, 991, 992; 1/923; 2/103, 516, 572, 705-707, 713, 716, 724, 725, 809, 921, 922; 3/9, 257, 278, 661, 1136-1139, 1234, 1267; 4/175, 305, 766, 850, 969, 1087, 1089, 1104. См. также *Полипропилен*, *Полиэтилен*
- тиооксид, см. *Этиленсульфид*
- эндогенный 4/428, 429; 5/195
- Этиленбрасилат 3/291, 292
- Этиленбутилглицероль 5/85
- Этиленгалактридин 5/984, 993, 994
- Этиленгликоль 2/984. См. также *Гликоли*, *1,2-Этандиол*
- азеланинаты 1/64
- алкоголяты 1/1140
- динитрат 5/985, 986; 2/126, 127
- метаболизм 3/615, 616
- получение 1/1077, 1101; 2/134, 140, 204, 1164; 3/120; 5/984, 985, 990, 991
- свойства 1/155, 195, 342, 514, 630, 714, 897, 918, 1133, 1135, 1142; 2/80, 140, 199, 211, 448, 449, 700, 764, 809, 862, 1151; 3/183, 184, 257, 291, 1017, 1255, 1261; 4/54, 87, 199, 750, 801, 802, 804, 1088, 1113, 1138; 5/85, 86, 377, 440, 554, 588, 777, 984-986, 988, 990, 994
- эфир 1/117, 589-591, 717, 788, 880, 1140; 2/627; 3/717; 4/172; 5/56, 984, 991. См. также *Глимы*, *Целлолозы*
- Этилендиамин 5/986, 584, 700, 975, 976, 987, 988, 991, 1059; 1/193, 269, 949; 2/82, 181, 204, 212, 411, 413, 449, 770, 821, 931, 1171; 3/380, 523, 1029, 1165; 4/85, 173, 188, 206, 234, 750, 771
- (+)-1,1'-Этилендиамин-N,N'-бис-(1-гидроксиметилпропан) 5/973
- Этилендиаминтетраметилгенифосфоно-вая кислота 2/872
- Этилендиаминтетрауксусная кислота 5/987, 273, 379, 440, 441, 453, 584, 865, 866, 986, 988; 1/115, 209, 328, 333, 1039, 1098; 2/20, 282, 452, 545, 579, 580, 870-872, 1217, 1235; 3/713, 896, 1089; 4/299, 396, 435, 699, 815, 1075
- Этилендибромид 1/614, 1203
- Этилендиэтиоцианат 2/176
- Этилен-1,2-дизотирурионидибромид 2/175
- цис, транс-Этилен-1,2-дикарбоновые кислоты 2/1272-1274
- 1,2-Этилен-бис-(N-диметилкарбоденил-оксиметил)аммонийдихлорид 1/339
- Этилендинитраммин 5/988, 986
- Этилендинитрилтетрауксусная кислота 5/987, 988
- Этилендиоксидборан 1/582
- N,N'-Этилендисукцинимид 5/1059
- Этилен-бис-дитиокарбаматы 2/176; 5/417, 986
- Этилендифосфиндиоксиды 5/441
- Этилендихлорид 1/917; 2/82, 203, 204
- Этилениды 5/988
- Этиленимин 5/988, 218, 449, 989, 990; 1/265, 1217; 2/421; 3/63, 293; 4/83, 84, 234, 1138, 1225
- Этилен-бис-(иминодиуксусная кислота) 5/987, 988
- Этилениминфосфорамиды 5/988, 989
- Этиленкарбонат 5/990, 234, 975, 985, 991; 1/116, 117; 2/638, 639; 3/1199; 4/581
- Этиленмочевина 2/413; 5/975, 986, 988
- Этиленовые углеводороды, см. *Алкены*, *Олефины*
- Этиленоксид 5/990
- полимеры, см. *Полиэтиленоксид*
- получение 1/960, 1051, 1058; 2/665, 667, 691; 3/450, 739; 4/193; 5/982, 991, 1047
- свойства 1/42, 230, 269, 339, 340, 435, 836, 1077, 1203; 2/123, 134, 140, 211, 215, 221, 404, 604, 616, 627, 672, 986, 1149, 1266; 3/106, 107, 293, 682, 685, 686, 708, 709, 715-719, 730-732, 1239, 1251; 4/54, 63, 94, 202, 207, 342, 696, 697, 769, 922, 990, 1097, 1128; 5/13, 15, 130, 416, 590, 660, 668, 708, 789, 976, 978, 984, 985, 990, 991, 994, 1008
- сополимеры 2/699, 707, 708, 1267; 3/610, 744, 1165; 4/31. См. также *Проксамин*, *Проксанолы*
- Этиленпропиленгликоль 5/85
- Этилен-пропиленовые каучуки 5/991, 398, 982-984, 992, 993; 1/14, 645, 845, 1045; 2/206, 705, 706, 922, 1149; 3/326, 327, 661, 739, 1114; 4/28, 130, 198, 441, 443, 444, 734, 1089
- Этиленсульфат 4/905
- Этиленсульфид 2/173, 175; 3/733. См. также *Олефины*, *тиооксиды*
- Этиленсульфит 4/921, 922
- Этилентерефталат 1/1036
- Этилен-бис-тетрагидроинденилцирконийдихлорид 2/674; 5/713
- Этиленхлоридрин 5/993, 557, 590, 660, 976, 990, 991, 994; 1/117, 270, 960, 1203; 2/123, 202, 627, 638; 4/581
- Этиленциангидрин 1/117, 640; 3/105, 708; 5/709, 991
- Этилден 2/325, 622
- Этилденамин 1/194, 200
- Этилдендишкетат 5/57
- Этилдендиформная кислота 4/699
- Этилдендиорборен 5/991, 992
- Этилденфторид 1/722
- 5-Этил-5-изоамилбарбитуровая кислота 1/455
- 5-Этил-5-изоамилмалоновая кислота 1/455
- Этилдиовалерат 1/667
- Этилдиозонитрил 2/372; 5/978
- Этилдиозонанат 2/401; 5/978
- Этилдиозонид 2/372. См. также *Этил-изонитрил*
- 2-Этилдидазолин 4/206
- Этилоид 1/506, 1179; 2/811; 3/105, 705, 721; 5/999, 1007
- Этилование 3/444, 936; 5/994
- Этилкарбамат 1/517; 5/87
- Этилкарбитол 2/627
- Этилкантогенат 2/213; 3/244
- Этилкантогенная кислота 2/213, 573; 3/244
- N-Этиллактам 5/978
- Этиллактат 3/253
- О-Этиллактим 2/1138
- Этилпятил 2/1203; 4/1121; 5/14
- Этилпятигалогениды 2/404, 532, 533, 1139; 4/872, 1110, 1111; 5/14, 903
- N-Этилаленимид 5/84
- Этилмалоновая кислота 1/421; 4/1143
- Этилмалитол 3/1089
- Этилмеркаптаны 3/363, 653
- Этилмеркурхлорид 4/247, 554
- Этилметакрилат 3/1196; 4/21
- Этилметансульфат 3/294
- 5-Этил-5-(1-метилбутил)малоновый эфир 4/1143
- 2-Этил-6-метил-3-гидроксипиридины 3/710; 4/1226
- Этил-N-метилкарбамат 5/87
- 2-Этил-4-метил-1-пентанол 3/728
- Этилморфин 1/296, 297; 4/230
- Этилмочевина 2/82
- α-Этилнафталин 1/418
- Этилниитраммин 3/502
- Этилниитрат 3/505, 529; 4/1102
- Этилниитрит 3/519
- Этил(л-нитрофенил)фосфит 5/265
- Этил(л-нитрофенил)этилфосфонат 5/276
- Этиловая жидкость 5/994, 568, 1/327, 500; 3/278
- Этиловые эфиры, см. *индивидуальные представители и соответствующие кислоты*
- Этиловый спирт 5/994
- абсолютный 5/996
- денатурация 1/650; 3/1046; 5/997
- лигифицированный 2/1173
- межзвездных облаков 2/962
- метаболизм 3/617, 618
- меченый 3/148
- определение 2/446; 5/151
- получение 1/554, 1006, 1077, 1100, 1101, 1102, 1155; 2/214, 989, 1164; 3/450, 738, 740; 4/582, 648, 804, 1111; 5/39, 663, 978, 982, 995, 996, 998
- применение 1/6-8, 52, 205, 342, 452; 2/574; 3/119, 120, 278; 4/342, 355, 359, 1078; 5/996, 997
- свойства 1/426, 450, 608-611, 629, 632, 649, 971, 1057, 1163, 1175, 1200; 2/11, 12, 19, 215, 267, 297, 366, 381, 447-449, 770, 813, 851, 942, 944, 1275; 3/104, 157, 536, 547, 561, 785, 1058; 4/135, 206, 274, 514, 570, 671, 745, 750, 801-803, 895, 906, 940, 1037, 1039, 1113, 1150, 1194, 1222, 1260, 1262; 5/56, 131, 200, 234, 376, 524, 544, 541, 551, 556, 561, 593, 659, 820, 834, 961, 977, 978, 994, 995, 998, 999, 1005, 1006
- стеклообразные матрицы 2/1034
- утилизация отходов 2/562
- Этиловый эфир, см. *Дистилловый эфир*
- 2-Этилсказолин 4/206
- α-Этилсказолин-α-ацетофенон 2/1109
- Этилолеат 3/730
- 3-Этилпентан 1/1023
- Этилперхлорат 3/989
- Этилпивалат 1/668
- Этилпиридин 1/720; 5/537
- N-Этилпиридиндихлорид 3/1046
- Этилпропалькетон 2/744
- Этилпропиконат 4/208; 5/1009
- Этилсиланы 2/1020; 3/799
- Этилсукцаты 5/997, 998; 1/172; 4/1111
- Этилсульфаты 2/214; 5/995
- 2-Этил-2H-тетразол 4/1099
- О-Этилтимин 3/294
- Этилтиодихлорфосфат 3/1091
- бис-(Этилтио)метилнатрий 4/1155
- Этилтиокарбамат 5/87
- 3-(Этилтио)пропионовая кислота 4/911
- α-Этилтиофенол 1/528
- Этилтиофенол 4/1167
- Этилтолуолы 3/122, 127, 128; 4/753, 969; 5/368
- Этилтрифтороацетат 5/9
- Этилуксусная кислота 2/1167, 1295; 5/432
- Этилуретан 5/87
- 5-Этил-5-фенилбарбитуровая кислота 4/742
- Этилфенилкетон 4/208, 209
- Этилфениловый эфир 5/1008
- Этилфенилфосфонат 5/275
- Этилфенолы 1/162, 163, 573; 5/121
- Этилформат 1/69, 415, 919; 2/784, 785; 3/289, 290; 4/866; 5/224
- Этилфосфат 4/726; 5/253, 254
- трис-(Этилфосфит)алюминий 5/421, 422
- Этилфторбромтионфосфат 1/961
- Этилфторсульфат 5/409
- 3-Этил-2-хинолоны 5/529
- Этилхлорид 5/998, 121, 973, 982, 999; 1/645, 723, 947-949, 1163; 2/210, 461, 811, 1023, 1083; 3/785, 1244; 4/1110
- Этилхлорсиланы 2/1023; 3/801
- Этилцеллозоль(ы) 1/438, 831; 3/278; 4/175, 400; 5/196, 659, 660, 961
- Этилцеллолоза 5/998, 664, 667, 999, 1001, 1007; 1/642, 949; 2/1192; 3/159
- Этилцеллозные лаки 5/1007
- Этилциклогексан 5/122
- 5-Этил-5-(1-циклогексенил)барбитуровая кислота 4/742
- Этилциклоксид 2/68
- Этилцианамин 2/936
- O²-Этилцитозин 3/294
- N-Этилэтиоламин 5/978
- Этил-N-этилкарбамат 5/87
- Этилэтиарная кислота 4/499
- Этимизол 1/291, 292; 3/578
- Этин 1/428
- Этинал 3/569
- Этиналбензол 5/122
- Этиналирование 5/999, 1000
- Этиналимгидрионид 2/533
- 17α-Этилнилэстрадиол 5/972
- «Этиноль» 1/711, 712; 5/961
- Этионамид 4/241, 242
- Этиопорфирин 4/145, 146
- Этиотраст 4/478

Этиофенкарб 2/473
 Этирмиол 5/418, 422
 Этириан 1/359; 4/708
 Этидол 4/478
 Этиозин 5/1000, 1001; 1/319, 320
 4-Этокснакридин 2/1217
 Этокснанилин 5/118
 Этокснапентил 1/597
 4-Этокснацетифенон 5/121
 Этоксигруппа 1/170; 3/569
 2-Этокс-6,9-двинноакридиниллак-
 тат 1/338, 339
 α-Этоксидифенилуксусная кислота
 4/238
 Этоксикарбонил 3/569
 α-Этоксикарбонилдмнаноацетофенон
 2/1109
 2-(α-Этоксикарбонилбензил)тиазоли-
 дин-4-карбоновая кислота 2/1156
 Этоксикарбонилкарбен 2/75
 1-Этоксикарбонил-2-этокс-1,2-дигид-
 рохинолин 3/932
 Этоксирование 2/215; 5/119
 Этоксиметиленмалоновый эфир 3/385
 Этоксиметилфосфорилтиохолин
 4/1164
 Этоксинафталинсульфохлориды
 3/386
 Этоксисиланы 2/1022; 4/445
 4-Этокс-2,2,5,5-тетракс-(трифтор-
 метил)-3-оксазолин 3/681
 Этоксисукусная кислота 5/584
 л-Этоксифенилглицеринат 2/401
 бис-(4-Этоксифенил)сульфон 5/121
 Этоксизтан 5/1007
 Этоксизэтилпигментбромид 5/1000
 Этоний 1/339
 Этопропан 5/146
 Этопрофос 3/405
 Этофенпрокс 3/1042
 Этофумезат 1/1031
 Этоцел 5/998, 999
 Этран 4/812
 Этридиалол 1/421, 422
 Этриол 1/150
 Этрифталевые смолы 1/150
 Этролы 5/1001, 665–667, 999
 Эттрингит 2/582
 Эувипринты 2/997
 Эулаксин 2/347
 Эумеланины 3/36
 Эуоктин 3/501
 Эуропрен-цис 1/631
 Эуспирин 2/346
 Эуфиллин 2/180, 181; 4/775
 Эухроматин 5/620
 Эфедрин 5/1001, 1002; 1/51, 144;
 4/209, 268
 Эфираты 5/1007
 Эфирное число 5/1002, 1003, 1012;
 2/306, 769; 3/764
 Эфирные масла 5/1003, 438, 1004–
 1006; 1/487; 2/19, 237, 292, 598, 600,
 601, 770, 1179, 1216; 3/290, 407, 785,
 847, 848, 1027; 4/494, 495, 660, 698.
 См. также индивидуальные представ-
 лятели
 Эфиромиды 2/417, 470
 Эфирокарбоксилаты 4/699
 Эфиролит 3/1256
 Эфиропласты 3/1121
 Эфиролорангидриды 5/279
 Эфиромеллозные материалы
 лаки 5/1006, 1007; 2/1128, 1129;
 3/547
 плвстмассы 5/999, 1001
 пленки 3/1135, 1137, 1138
 Эфиры простые 5/1007. См. также
 индивидуальные соединения
 аниловые, см. *Виниловые эфиры*
 геминных диолов, см. *Ацетали и*
кетали
 дифениловый, см. *Дифенилоксид*
 дивалендиоксид, см. *Диоксаны*

метиловый, см. *Диметиловый эфир*
 метилфениловый, см. *Анизол*
 2-метоксифенол, см. *Гваякол*
 номенклатура 3/573; 5/1007
 оксирановые, см. *Этиленокси*
 олигофункциональные 3/743, 1121
 омыление 3/764
 определение 2/293; 5/1007
 полипроизводные, см. *Полиэфиры*
 получение 1/1180; 2/12, 325; 3/791,
 816, 833; 4/801, 802, 805, 922,
 1157, 1267, 1269; 5/5, 132, 195,
 959, 1007, 1008
 пропиловые, см. *Диизопропиловый*
эфир, *Дипропиловый эфир*
 свойства и применение 1/31, 648,
 710, 711, 825, 946, 995; 2/14, 17,
 103, 118, 134, 211, 213, 248, 627,
 629, 633, 634, 697, 983, 1086,
 1103, 1142, 1172; 3/77, 187, 269,
 350, 603, 671, 680, 722, 732, 832,
 936, 984, 1028, 1059, 1124, 1265;
 4/134, 500, 515, 872, 907, 1128,
 1162; 5/8, 66, 141, 278, 825, 827,
 859, 860, 1007, 1008
 ТГФ, см. *Тетрагидрофуран*
 тно, см. *Тиоэфиры*
 целлюлозы, см. *Целлюлоза, эфиры*
 этиленгликолевые, см. *Глимы, Кар-*
битолы, Целлозальм
 этиловый, см. *Диэтиловый эфир*
 Эфиры сложные 5/1009, 1010–1012.
 См. также индивидуальные представ-
 лятели
 адинылаты 1/46, 47, 644, 866, 988;
 2/805, 1194; 3/291, 728, 1116,
 1117, 1197, 1234; 5/730, 1001
 акрилоаые, см. *Акрилаты, Метакри-*
латы, Метилметакрилаты
 активированные, метод 1/1151;
 3/931, 933, 934
 ацетаты, см. *Ацетаты, Целлюлоза,*
ацетаты
 борсодержащие, см. *Бораты органи-*
ческие
 бутилоаые, см. *Бутиловые эфиры*
 винилоаые, см. *Виниловые эфиры*
 внутренние 2/1141–1144; 4/930
 высших жирных кислот 2/1184;
 3/1227; 4/172, 770, 861, 919
 гидроксикислот 1/975; 2/1140–
 1144, 1262, 1263; 4/34, 512, 513,
 930; 5/719
 глицерина, см. *Глицериды*
 душистые вещества 2/237, 648. См.
 также *Эфирные масла*
 карбаматные, см. *Карбаматы, Уре-*
таны
 карбонаты органические 2/637, 620,
 638, 639; 5/52, 239, 990. См. так-
 же *Ортоэфиры*
 конденсация, см. *Клайзена конден-*
сация
 кремнийсодержащие 2/1019–1024,
 1027. См. также *Аллоксисиланы и*
ароксисиланы, Ортокремниевая
кислота, Органосилоксаны, Си-
латраны
 липоаминокислотные, см. *Фосфа-*
тидлипиды, аминокислотные
эфиры
 маленылаты и фумараты 2/1272–
 1275; 3/839, 1201; 4/1097
 нафтеныаты 3/377; 4/172–175. См.
 также *Мылоафт, Иапалм*
 нитропроизводные, см. *Нитроэфи-*
ры; Целлюлоза, нитраты
 оксалаты 1/1072, 1122; 2/545, 547,
 710, 711, 1271, 1272; 3/164, 974;
 4/543; 5/795, 967, 1011
 олигофункциональные 3/743; 5/85
 определение 2/293; 3/796; 5/1012
 полипроизводные, см. *Полиэфиры,*
Фталаты

получение 1/1134; 2/12, 29, 211,
 212, 627, 640, 745; 3/119, 186, 513,
 791, 816, 918, 1028, 1067; 4/199,
 499, 538, 568, 648, 802, 804, 1135,
 1146, 1191, 1204, 1267, 1269;
 5/10, 132, 197, 786, 959, 984, 995,
 1011, 1012. См. также *Перезтери-*
фикация, Этерификация
 пропионаты 4/207; 5/130
 свойства и применение 1/17, 450,
 644, 946, 1077, 1148, 1203; 2/5,
 11, 29, 110, 118, 120–122, 130,
 180, 187, 248, 325, 359, 420, 433,
 638, 645, 647, 648, 697, 773, 784,
 785, 889, 937, 941, 1140, 1141,
 1203, 1243, 1252; 3/68, 101, 102,
 107, 108, 269, 277, 280, 476, 502,
 671, 683, 721, 832, 1040, 1059,
 1081, 1082, 1116, 1117, 1124,
 1265; 4/32, 207, 359, 372, 513, 515,
 801, 804, 872, 895, 896, 1086; 5/8,
 57, 65, 141, 311, 825, 827, 859, 860,
 979, 1012, 1042. См. также *Омы-*
ление
 себацинаты 1/866, 988; 2/804;
 3/1197; 4/606, 607; 5/572
 серосодержащие, кислоты
 ксантогеновые, см. *Ксантогены*
 минеральные, см. *Сульфаты орга-*
нические, Сульфиты органи-
ческие
 сульфоновые, см. *Сультоны,*
Сульфонаты
 терпеновые 4/1091, 1092
 тропановые алкалоиды 5/17, 18
 форматы 5/224, 45, 130, 223, 1010;
 1/1122, 1203; 2/121, 526; 3/71,
 289, 833
 фосфорсодержащие, кислоты
 метафосфорные, см. *Метафосфа-*
ты органические
 пирофосфорная, см. *Пирофосфа-*
ты органические
 фосфинистые, см. *Фосфиниты*
 фосфиновые, см. *Фосфинаты*
 фосфонистые, см. *Фосфониты*
 фосфоноаме, см. *Фосфонаты*
 фосфористая, см. *Фосфиты орга-*
нические
 фосфорная, см. *Фосфаты органи-*
ческие
 фосфорноватистая, см. *Гипофос-*
фиты органические
 фторсодержащие, кислоты
 фторноватистая 5/399, 397
 фторсульфоновая 5/408, 409;
 4/931
 фторуксусная 5/410
 целлюлозы, см. *Целлюлоза, эфиры*
 Эффект(ы). См. также именные эф-
 фекты
 анодный 5/388
 аномерные 2/21, 368, 908, 910–912;
 3/265–267, 269; 5/957
 ансамбли катализаторы 1/1059;
 2/667
 анхимерный 2/130
 баллоэлектрический 1/448
 безыности 3/85; 4/1256, 1257
 биохимические высоких давлений
 1/1218, 1219
 всаливания 3/25
 α-галогенкетонный 2/911
 гиперхромный 4/767
 гипсохромный, см. *Гипсохромный*
сдвиг
 гистерезисные, см. *Гистерезисные*
явления
 гормональный 4/758, 759
 джамповер 4/786
 диссипативные, см. *Диссипативные*
структуры
 дроссельный 5/594

дыхательного контроля 3/668
 заплеления (касания) 4/282
 излучения нестохастические и сто-
 хастические 4/288
 – стерилизация 2/503
 изотопные, см. *Изотопные эффекты*
 индуктивный, см. *Индуктивный эф-*
фект
 индуктомерный 2/461
 кавитационные, см. *Кавитация*
 кинетические, см. *Кинетические эф-*
фекты
 клетки, см. *Клетки эффект*
 компенсационные, см. *Компенсаци-*
онные эффекты
 конфигурационный, см. *Конфигура-*
ция
 конформационные 2/908, 910–912;
 3/1263
 коцентрационные 3/66, 1263;
 5/213
 лакримогенный 3/844
 лиганда 2/667, 796; 3/736
 магнитные, см. *Магнитные эффек-*
ты
 матричный 2/986, 1326; 3/136, 138,
 139; 4/472, 480
 мезомерный 3/30, 31, 551, 787;
 2/642, 646, 940, 941; 5/904, 905
 надмолекулярный 3/1263, 1264
 нежесткости молекул 3/392
 объемные реакций 1/1199, 1216–
 1218; 5/498
 оптико-акустический 3/768, 769
 «памяти формы» 3/484
 «парниковый» 3/853
 пиротехнический 3/1075, 1076
 пироэлектрический 3/1078
 полиэлектролитный 3/1196; 4/78
 положения генов 3/299
 пьезоэлектрические 4/284, 996
 радиационные 2/219, 220; 5/1021,
 1022
 разобинения, см. *Окислительное*
фосфорилирование
 резонансный 3/30
 саморазмывания 3/1120
 «сильного взаимодействия металл-
 носитель» 3/325
 синергический, см. *Синергисты*
 скин-явление 4/997
 сопряжения, см. *Сопряжение связей*
 соседних звеньев 3/1263
 стерические, см. *Стерические эф-*
фекты
 тензорезисторный 2/1283
 тепловые, см. *Тепловые эффекты ре-*
акций
 трансквалнзирующий 3/398
 трансмутационный 5/43
 трибоэлектрический 1/448; 3/167,
 634; 4/280
 туннельный, см. *Туннельный эффект*
 фотографический, см. *Фотоэффект*
 хелатный, см. *Хелаты*
 «холокнейных клошек» 2/911, 912
 «через пространство и связь» 2/912
 целочной 1/1008
 электрокапиллярный 3/1171, 1172
 электромерный 3/30, 31
 электростатические, см. *Электро-*
статические эффекты и методы
 электрофоретический, см. *Электро-*
форез
 Δ²-явление 3/266, 267
 Эффективные параметры
 атомный номер 1/403; 2/220; 3/82,
 83, 413, 735; 4/152, 243; 5/735
 вязкость 1/728, 872; 3/1113; 4/138,
 486, 490
 заряд атома 1/665; 4/848; 5/875,
 879, 1012
 диффузия 1/60
 масса 2/77

радиус встречи частиц-реагентов 2/193
сечения столкновений 4/870
— адронных реакций 5/1021
Эффекторы ферментов 5/148, 149, 151, 153
Эффузивы 4/561
Эффузиометрия 3/217
Эффузия 2/392; 4/1033
Эхиномидия 3/1033; 5/523
Эхинопсин 5/528, 529
Эхо-методы 2/49; 4/793–795; 5/60
ЭХТ-кислота 1/257
Эхкуррит 3/351
Эшвайлера–Кларка реакция 5/1012, 1013; 2/1155

Ю

Ювабион 1/598; 5/1014
Ювенильные гормоны 2/378, 474, 787; 3/622; 5/1014
Ювеноиды 5/1014; 2/474
Юглон 2/138, 972; 3/706, 707
Юдель 4/43
Юзурия 1/144
Юзурия 1/144
Юкавы–Цуно уравнение 2/941
Юм–Розерн
правило 4/762, 1004
фазы 2/479, 482–484; 3/75
Юнга
закон 1/36; 3/1170; 4/729
модуль 3/98, 144, 145
Юниден 1/636
Юнипол 4/80
Юницеллы 4/134
Юпйалекс 3/1139
Юпион 3/1139, 1251
Юрека крекинг 4/1059, 1060
Юрьева реакция 3/1079; 5/429

Я

Яблочная кислота 5/1015, 130, 348; 1/558, 1143, 1155, 1156; 2/128, 464, 1169, 1272–1274; 3/700, 812; 4/299, 894, 1109
ангидрид 2/1273; 5/1015
соли и эфиры, см. *Малаты*
Ядерная фотография 5/327
Ядерная химия 5/1016, 931, 1017, 1033; 4/332, 336. См. также *Ядерные реакции*
«Ядерная чистота» материалов 3/414; 4/334, 335
Ядерная энергия 5/1017, 682, 1018, 1020; 3/1152, 1155; 4/318
Ядерное горючее (топливо) 5/1018, 75–78, 80–82, 166, 503, 1019; 2/25, 339; 3/1155, 1156; 4/292, 295, 298,

318, 319, 321, 335, 337, 893, 1220, 1257
переработка, см. *Ядерный топливный цикл*
превращения, см. *Ядерные реакции*
Ядерно-физически чистые препараты 4/334, 335
Ядерные реакции 5/1019, 7, 160, 166, 682, 935, 1016–1018, 1020–1023; 2/25, 500; 3/606, 956, 1152, 1154; 4/214, 244, 331, 336, 401, 402, 876, 1113, 1220, 1241
горючее, см. *Ядерное горючее*
и анализ активационный 1/119, 120, 121; 2/387, 503, 712; 3/402, 431; 4/327, 436; 5/1023
— фотонно-нейтронный 5/335, 336
и закон сохранения массы 4/772
и легирование полупроводников 4/116
и химические реакции 4/414. См. также *Ядерная химия*
Ядерные устройства
мембраны 3/56
реакторы, см. *Реакторы ядерные*
фильтры 3/41
Ядерный гамма-резонанс 2/189, 191; 3/64, 65, 229, 230
Ядерный квадрупольный резонанс 5/1023, 1024, 1029; 2/713, 714, 727; 3/141, 229, 230; 4/334, 588, 793–795
Ядерный магнетон 2/1244; 5/1032
Ядерный магнитный резонанс 5/1024, 104, 459, 1025–1030, 1033; 1/775; 2/293, 330, 712; 3/141; 4/304, 334, 795, 882
и квантовые переходы 2/727
и липидные зиды 2/1184, 1185
и спинные эффекты 4/789, 793–795
спектроскопия 2/386, 387, 942, 1024, 1184, 1185; 3/83, 229–231, 459, 797; 4/38, 68, 605, 606, 795, 797, 798, 852; 5/1024–1030
Ядерный топливный (реакторный) цикл 5/1030, 76, 1031; 4/320, 1220
Ядра атомные 5/1031, 930, 1024, 1032–1034; 1/403; 2/188–191, 507, 508, 723, 942, 1053–1056; 4/826. См. также *Нейтроны*, *Протоны*
аннотхронные 5/1025
взаимодействия резонансные 3/64–68; 5/886–893, 1023–1030
— сверхтонкие 4/587, 588, 795, 797, 798; 1/407, 413, 414; 2/721
— спинные, см. *Спинные взаимодействия*
и кларки элементов 2/789
изомерия, см. *Изомерия атомных ядер*

изотопная селекция, см. *Изотопы*
Клетки эффект, *Магнитно-спиновые эффекты*
конфигурация 3/206–210, 223, 232, 233; 4/688–692; 5/868, 880, 881
отдачу 2/217, 499, 500
поляризация, см. *Химическая поляризация ядер*
радиоактивные свойства 3/401; 4/331, 332; 5/1021, 1022. См. также *Радиоактивность*
составные 5/1021
характеристики 2/329, 712–714, 727, 1238, 1239, 1244; 3/1174, 1178; 4/471, 789; 5/1031–1034. См. также *Атомы*
энергия потенциальная, см. *Поверхность потенциальной энергии*
— превращений, см. *Ядерная энергия*, *Ядерные реакции*
— связи 5/1017, 1018
Яды
амфибий 5/1040, 1041
белковые 5/1034–1041, 1049–1051
водорослей 5/1051, 1055
грибов 5/1049–1051, 1055
дыхательные 2/242; 3/670
животных 5/1034, 1035–1046; 2/469. См. также *Токсины*, *Токсичность*
жуков 5/1039
змеи 5/1034–1037
каракурта 5/1038
карнокластические 4/236
каталитические 5/1046, 1047; 1/767; 2/433, 662, 668, 680, 681
клеточные 3/551
медуз и полипов 5/1039, 1040
моллюсков 5/1040
небелковые 5/1041–1046, 1051–1056
нейротропные 3/845, 846
паукообразных 5/1037, 1038
простейших 5/1047, 1048, 1049
пчел и ос 5/1038, 1039
растений 5/1049, 592, 1050–1056; 2/172, 173, 1105; 4/1194
реакторные, см. *Ядерное горючее*
рыб 5/1041
ферментные 1/1095, 1096
Язвенная коррозия 2/947–949; 3/273, 274
Яичные белок и желток 1/191, 192, 751, 1210; 4/394
Якобсн 5/788
ЯКР, см. *Ядерный квадрупольный резонанс*
Ялан 1/1030
Ялаидн 5/118
ЯМР, см. *Ядерный магнитный резонанс*

Яна–Теллера эффекты 5/1056, 28, 881, 1057; 3/394; 4/122
Янгионн 3/1075
Яновского
комплексы 2/132
реакция 5/1057
Янтарная кислота 5/1058, 202, 793, 995, 1015, 1059; 1/298, 432, 484, 611, 652, 726, 743, 971, 1142–1144, 1152, 1163; 2/107, 108, 241, 407, 770, 968, 1152, 1272; 3/121, 613, 785, 1059, 1089; 4/149, 396, 523, 739, 894, 895, 929, 1010, 1096, 1119
амиды 4/895
ангидрид, см. *Янтарный ангидрид*
динитрил 2/204
дихлорангидрид 4/538
нимиды 1/951; 3/1079. См. также *Сукцинимид*
лактоны 5/793
соли и эфиры 1/113, 198, 644; 3/966, 1016, 1017; 4/175; 5/792, 793. См. также *Сукцинаты*
Янтарный альдегид 1/415; 4/1260, 1262
Янтарный ангидрид 5/1059, 427; 1/476; 2/1273; 3/966; 4/175, 895
Янтарь 2/1296, 1297; 3/785; 4/739; 5/1058
Японский воск 1/825–827
Яппа–Клингемаппа реакция 5/1059, 1060
«Яра-яра», эфир 3/387
Ярлит 4/876
Яровенко реактив 2/214
Ярознт 4/904
Ярь-медянка 2/1329
Ятрохимия 3/412, 785; 5/507
Ячеичная модель структуры потоков 4/881
Ячеичные материалы
пластмассы 3/901–904; 4/771. См. также *Пенопласты*
резины 4/129, 130
стекло 4/1041
Ячейки(а)
Бенара, см. *Самоорганизация*
для пенной сепарации 3/899, 900
Кнудсена 2/796, 1315
пряжильная 1/810
термостатируемые 4/1062
электрохимические 2/895–897; 4/627, 819; 5/363, 487–489, 911, 913–916, 919, 924. См. также *Химические источники тока*, *Электрохимические процессы*
элементарные кристаллов 2/1054, 1064, 1065, 1067–1070; 5/861
Ячейковые устройства
питатели 3/1084, 1085
фильтры 1/899
Яшма 2/1027

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

В указателе в алфавитном порядке приведены фамилии ученых, упоминаемых в статьях Энциклопедии. Они сопровождаются (за некоторыми исключениями) написанием фамилии на языке оригинала, датами жизни (или годом рождения), а также сведениями о государственной принадлежности и области деятельности ученого. После фамилии и кратких пояснений приведены ссылки на тома и через косую черту на столбцы (а не страницы!) Энциклопедии. Номера столбцов указаны в низу страницы. Встречающиеся расхождения в написании фамилий и инициалов в основном тексте и в указателе объясняются тем, что в указателе даны уточненные сведения.

А

Абдергальден Эмиль (Abderhalden Emil) (1877–1950), нем. биохимик и физиолог 3/929
 Абель Фредерик (Abel Frederick) (1827–1902), англ. химик 2/934
 Абрамов Василий Семенович (1904–68), рос. химик-органик 1/3
 Абрахам Эдвард Пенли (Abraham Edward Penley) (р. 1913), англ. биохимик 1/471
 Абу-ар-Разин (Розес) (865–925), араб. алхимик 5/490, 507
 Авиченна, см. Ибн Сина
 Авогадро Амедео (Avogadro Amedeo) (1776–1856), итал. физик и химик 1/17; 3/216, 413; 5/508
 Агрикола Георг (Agricola George) (1494–1555), нем. ученый 4/184; 5/490, 507
 Адамс Роджер (Adams Roger) (1889–1971), амер. химик-органик 1/983
 Азоновская Маргарита Михайловна, рос. химик-органик 1/3
 Айнхорн Альфред (Einhorn Aldred) (1857–1917), нем. химик 1/106
 Айстерт Бернд (Eistert Bernd) (1902–78), нем. химик-органик 1/371
 Аккерман Джералд (Ackerman Gerald) (1876–1960), амер. биохимик 3/810
 Александров Анатолий Петрович (1903–94), рос. физик 1/861
 Алексеев Владимир Федорович (1852–1919), рос. физикохимик 5/176
 Алимари Ивни Павлович (1903–89), рос. химик-аналитик 1/294
 Алкейер Р. 2/888
 Аллен Дж. (Allen J.) 1/173
 Альберт Великий (Albertus Magnus) (ок. 1193–1280), нем. философ и теолог 1/190; 3/306; 5/490
 Альдер Курт (Alder Kurt) (1902–58), нем. химик-органик 1/200; 2/102; 3/787
 Алтман Рихард (Altmann Richard) (1852–1900), нем. анатом и гистолог 1/558; 3/593
 Амадор Марио (Amadori Mario) (1886–1941), итал. химик 1/222
 Аммосов Иннокентий Иванович (1901–87), рос. геолог 5/52
 Андерсон Карл Дэвид (Anderson Carl David) (р. 1905), амер. физик 5/932
 Андерсон Томас (Anderson Thomas) (1819–74), англ. химик 3/1046, 1080
 Андрианов Кузьма Андрианович (1904–78), рос. химик 1/861
 Аносов Павел Петрович (1797–1851), рос. металлург 5/176
 Анри Луи (Henri Louis) (1834–1913), нидерл. химик-органик 1/316
 Анфинсен Кристиан Бёмер (Anfinson Christian Boehmer) (1916–95), амер. химик и биохимик 1/471
 Араго Доминик Франсуа (Arago Dominic Francois) (1786–1853), франц. ученый 3/773
 Арбузов Александр Еремьевич (1877–1968), рос. химик-органик 1/3, 362; 3/787; 5/485
 Арденне Манфред фон (von Ardenne Manfred) (р. 1907), нем. физик 5/874
 Аристотель (384–322 до н.э.), др.-греч. ученый 1/189, 190; 5/507

Аркель Антон ван (van Arkel Anton) (1893–?), нидерл. химик 5/763
 Армстронг Генри Эдвард (Armstrong Henry Edward) (1848–1937), англ. химик 2/733; 5/651
 Аридт Фриц (Arndt Fritz) (1885–1969), нем. химик-органик 1/371
 Арнолд Уильям (Arnold William) (1903–73), амер. физиолог 5/349
 Арнон Даниел Израиль (Arnon Daniel Israil) (р. 1910), амер. биохимик 5/349
 Аррениус Сванте (Arrhenius Svante) (1859–1927), швед. физикохимик 1/380; 2/755, 777; 3/413; 5/484, 509, 857, 923
 Арфведсон Август (Arfvedson August) (1792–1841), швед. химик и минералог 2/1202; 5/937
 Астон Фрэнсис Уильям (Aston Francis William) (1877–1945), англ. физик и химик 2/1308
 Астрахан Лазарус (Astrachan Lazarus) (р. 1925), амер. биохимик 2/1325
 Атертон Ф. (Atherton F.), англ. химик-органик 4/1192
 Ауверс Карл (Auwers Karl) (1863–1939), нем. химик 1/416
 Ауэр фон Вельсбах Карл (Auer von Welsbach Karl) (1858–1929), австр. химик 3/410; 4/157; 5/937
 Афанасьева-Эренфест Татьяна Алексеевна (1876–1964), математик 3/1180

Б

Бабко Анатолий Кириллович (1905–68), укр. химик-аналитик 1/294
 Багет Дж. (Baggett J.), амер. химик 4/31
 Байер Адольф (Bayer Adolf) (1835–1917), нем. химик-органик 1/450; 2/976; 3/330, 786
 Байер Отто Георг Вильгельм (Bayer Otto George Wilhelm) (1902–82), нем. химик-технолог 4/57
 Бакеланд Лео (Buckeland Leo) (1863–1944), амер. химик 3/1122
 Баландин Алексей Александрович (1898–1967), рос. химик 1/1059; 2/693
 Балар Антуан Жером (Balard Antoine Jerome) (1802–76), франц. химик 1/614; 5/937
 Баллио А. (Ballio A.) 2/611
 Балтимор Дэвид (Baltimore David) (р. 1938), амер. вирусолог 3/211; 4/1231
 Балз Г. (Balz G.), нем. химик 5/781
 Банкс Роберт (Banks Robert) (р. 1921), амер. химик 3/104
 Бантинг Фредерик Грант (Banting Frederic Grant) (1891–1941), канад. физиолог 1/471
 Барбиери Иоганн (Barbieri Johann) (1852–1926), нем. биохимик 5/121
 Барбье Филипп (Barbier Philippe) (1848–1922), франц. химик-органик 1/1205
 Баркер Джон (Barker John) (1900–58), австрал. физикохимик 4/368
 Барт Генрих (Barth Heinrich), нем. химик-органик 1/464
 Бартелл Лоуренс (Bartell Lawrence) (р. 1923), амер. физикохимик 3/220
 Барлетт Нил (Bartlett Niell) (р. 1932), амер. химик-неорганик 2/1089; 3/414
 Бартон Дерек (Barton Derek) (р. 1918), англ. химик-органик 1/464, 465, 552; 4/859
 Бартон (Бэртон) Марк (Barton Mark) (р. 1928), амер. физик и физикохимик 4/292

Бауман Эйген (Baumann Eigen) (1846–1896), нем. химик-органик 3/1235; 5/786
 Баумгауэр Генрих Адольф (Baumhauer Heinrich Adolf) (1848–1926), нем. химик и минералог 4/46
 Бауэр В. (Bauer W.) 5/338
 Бах Алексей Николаевич (1857–1946), рос. биохимик 1/558; 5/485
 Бахарева И. Ф., рос. ученый 4/1069
 Бахманн Вильгельм Эдуард (Bachmann Wilhelm Eduard) (1885–1933), нем. химик 1/1158
 Башиллов Иван Яковлевич (1892–1953), рос. физикохимик и металлург 4/300
 Беднорц Иоханнес Георг (Bednorz Johannes George) (р. 1950), нем. физик 3/415; 4/587
 Бейер Карл (Beyer Carl) (1859–91), нем. химик-органик 2/9
 Бейларц С. Д. (Bailarz S. D.), амер. физикохимик 1/542
 Бейли Доналд (Bailey Donald) (р. 1922), амер. химик-органик 3/104
 Бейльштейн Федор Федорович (1838–1906), рос. химик-органик 1/469; 3/448; 5/492
 Беквит Джонатан (Beckwith Jonathan) (р. 1935), амер. геолог 3/211
 Бекетов Николай Николаевич (1827–1911), рос. физикохимик 3/91
 Беккер Рихард (Becker Richard) (1887–?), нем. физик-теоретик 2/318
 Беккер Т. (Becker T.), нем. химик 3/180
 Беккерель Анри (Becquerel Henri) (1852–1908), франц. физик 4/318; 5/1017
 Бекман Иоганн (Beckmann Johann) (1739–1811), нем. экономист и технолог 5/467
 Бекман Эрст (Beckmann Ernst) (1853–1923), нем. химик 1/469
 Бекстрём Христиансен (Beckström Hristiansen), швед. физикохимик 2/756
 Бельмер Владимир Александрович (1906–88), рос. биохимик 1/558; 3/671
 Бель Александр (Bell Alexander) (1847–1922), амер. технолог 3/769
 Бель Роналд (Bell Ronald) (р. 1907), англ. химик 2/1034
 Белов Николай Васильевич (1891–1982), рос. кристаллограф и геохимик 1/411; 4/674; 5/515
 Белоусовский Андрей Николаевич (1905–72), рос. биолог 1/552, 559; 2/1325; 3/211, 593
 Белоусов Борис Павлович (1893–1970), рос. химик 1/486
 Бемон Гюстав (Bemont Gustave) (1857–1932), франц. химик 4/300; 5/937
 Бендер Георг (Bender Georg) (1838–1918), нем. химик 1/997; 3/815
 Бенюа Анри (Генри) (Benoit Henri) (р. 1921), франц. физикохимик 5/813
 Бергман Макс (Bergmann Max) (1886–1944), нем. химик-органик 3/929
 Бергман Торнберн (Bergmann Thornbern) (1735–84), швед. химик и минералог 1/293
 Бергс Г. (Bergs H.), нем. химик 1/656
 Березкин Виктор Григорьевич (р. 1931), рос. химик 5/627
 Бернал Джон Десмонд (Bernal John Desmond) (1901–71), англ. ученый 1/471
 Бернар Клод (Bernard Claude) (1817–78), франц. физиолог 1/558

Бертло Марселен (Berthelot Marcelen) (1827–1907), франц. химик 1/431; 2/755, 1188; 3/120, 785; 4/748, 1085, 1086; 5/509, 997

Бертолле Клод (Berthollet Claude) (1748–1822), франц. химик 3/413, 434; 5/515

Берцелиус Йенс Якоб (Berzelius Jöns Jakob) (1779–1848), швед. химик 1/471, 558, 860; 2/365, 661, 777, 860, 1010; 3/245, 413, 572, 785; 4/394, 615; 5/152, 478, 508, 696, 763, 937, 938

Бёрч Артур (Birch Arthur) (1915–95), австрал. химик-органик 1/542

Бессель Адольф (Bessel Adolf), нем. химик 5/205

Бессель Артур (Bessel Arthur), нем. химик 5/205

Бессмер Генри (Bessemmer Henry) (1813–98), англ. изобретатель 2/264

Бест Чарльз Херберт (Best Charles Herbert) (1899–1978), канад. физиолог 1/471

Бете Ханс Альбрехт (Bethe Hans Albrecht) (р. 1906), физик-теоретик 2/722, 1059, 1232

Бетс М. (Beets M.), нидерл. ученый 2/239

Беус Алексий Александрович (1923–94), рос. геохимик 2/789

Бехиль Ахад (12 в.), араб. алхимик 5/285

Бешан Антуан (Béchamp Antoine) (1816–1908), франц. химик-органик 1/545

Бигелоу Самуэль Лоуренс (Bigelow Samuel Lawrence) (1870–1947), амер. химик 1/992

Бингам Юджин (Bingham Eugene) (1878–1945), амер. химик 4/484

Биннинг Герд (Binnig Gerd) (р. 1947), нем. физик 5/874

Бинч Дж. (Binsch G.), амер. химик 4/1216

Бю Жан (Biot Jean) (1774–1862), франц. физик 3/773; 4/858

Бю Морис (Biot Maurice) (1905–85), белг. химик 4/1069

Бирингуччо Ванноччо (Biringuccio Vannoccio) (1480–1539), итал. инженер и ученый 4/184; 5/490

Бисхофф К. 5/110

Бишлер Август (Bischler August) (1865–1957), швейц. химик-органик 1/567, 568; 2/1109

Бишофф Карл Адам (Bischoff Carl Adam) (1855–1908), нем. химик-органик 3/1213

Блан Гюстав (Blanc Gustave) (1872–1927), франц. химик-органик 1/620; 5/567

Блох Феликс (Bloch Felix) (1905–83), амер. физик 5/1030

Блэк Джозеф (Black Joseph) (1728–99), англ. химик и физик 2/577; 4/1085; 5/508

Блэкман Фредерик (Blackman Frederick) (1866–1947), англ. физиолог 5/349

Богатский Алексей Всеволодович (1929–83), укр. химик-органик 5/486

Боденштейн Макс (Bodenstein Max) (1871–1942), нем. физикохимик 2/756; 5/682

Болджер Марстон Тейлор (Bogert Marston Taylor) (1868–1954), амер. химик-органик 3/1249

Бодризон А. (Bodrigmon A.) 2/860

Бозе Шатейндранат (Bose Satyendranath) (1894–1974), инд. физик 4/826

Бойль Роберт (Boyle Robert) (1627–91), англ. физик и химик 1/293, 573; 2/452; 4/394; 5/508

Боккий Георгий Борисович (р. 1909), рос. кристаллограф и кристаллохимик 1/411

Болотов Андрей Тимофеевич (1738–1833), рос. ученый 1/33

Болтон Вернер (Bolton Werner), нем. химик 4/982

Болцман Людвиг (Boltzmann Ludwig) (1844–1906), австр. физик 1/573, 840

Бон Рене (Bohn René) (1862–1922), нем. химик 1/573

Бопп Фридрих (Bopp Friedrich) (1824–49), нем. химик 4/1170

Бор Нильс (Bohr Niels) (1885–1962), дат. физик 2/717; 3/413, 488, 956; 5/929

Борн Макс (Born Max) (1882–1970), нем. физик-теоретик 2/717, 1064; 3/773; 4/748

Боровинская Инна Петровна (р. 1934), рос. физикохимик 4/575

Бородин Александр Порфирьевич (1833–87), рос. композитор и ученый-химик 1/593; 3/786

Браве Огюст (Bravais Auguste) (1811–63), франц. физик 2/1063

Браконно Анри (Bracconnot Henri) (1780–1854), франц. химик и ботаник 1/471

Бранд Хенниг (Brand Hennig) (ок. 1630–1730), нем. алхимик 5/285, 938

Брандт Георг (Brandt Georg) (1694–1768), швед. химик и минералог 2/822; 5/937

Браун Александр (Brown Alexander) (1838–1922), англ. химик и физиолог 1/606

Браун Герберт (Brown Herbert) (р. 1912), амер. химик 1/605; 3/333, 787

Браун Р. (Brown R.) 5/110

Браун Юлиус (Braun Julius) (1875–1940), нем. химик-органик 1/606

Браунштейн Александр Евсеевич (1902–86), рос. биохимик 1/558

Бредт Юлиус (Bredt Julius) (1855–1937), нем. химик 1/607

Брей Х. (Bray H.), англ. биохимик 5/108

Бреннер Сидней (Brenner Sydney) (р. 1927), англ. биохимик 3/211

Брэнстед Иоханнес Никлаус (Brönsted Johannes Nicolaus) (1879–1947), дат. физикохимик 2/692, 778, 780; 4/244

Бриглеб Ханс (Briegleb Hans) (р. 1905), нем. химик и физик 3/228

Бриджмен Перси (Bridgman Percy) (1882–1961), амер. физик 3/1180

Брикведде Фердинанд (Brickwedde Ferdinand) (р. 1903), амер. физик 5/33

Бринкер Кейт Кларк (Brinker Keith Clark) (р. 1921), амер. химик-органик 3/1218

Броиль Луи де (de Broglie Louis) (1892–1987), франц. физик 2/717

Брук А. ван ден (van den Bruck A.), нидерл. химик 3/955

Брумберг Евгений Михайлович (1907–77), рос. физик 5/770

Брукауэр Стефен (Brunauer Stephen) (р. 1903), амер. физикохимик 1/57

Брэгг Уильям Генри (Bragg William Henry) (1862–1942), англ. физик 2/1063

Брэгг Уильям Лоуренс (Bragg William Lawrence) (1890–1971), англ. физик 2/1063; 4/475

Брюстер Джеймс (Brewster James) (р. 1922), амер. химик-органик 1/619

Буво Луи (Bouveau Louis) (1864–1909), франц. химик-органик 1/620

Бунзен Роберт (Bunsen Robert) (1811–99), нем. химик 4/558; 5/657, 937, 938

Буолокоре В. 2/611

Бур Ян Хендрик де (de Boer Jan Hendrik), нидерл. физикохимик 1/57

Буссенго Жан Батист (Boussingault Jean-Baptiste) (1802–87), франц. агрохимик 1/33

Бутенандт Адольф Фридрих (Butenandt Adolf Friedrich) (1903–95), нем. химик-органик и биохимик 1/415; 3/786

Бутлеров Александр Михайлович (1828–86), рос. химик-органик 1/652, 665, 990; 2/366; 3/785, 1024; 5/509

Буттенберг Вильгельм (Buttenberg Wilhelm) (1864–?), нем. химик 5/373

Бухерер Ханс (Bucherer Hans) (1869–1949), нем. химик-органик 1/655, 656

Бухнер Ханс (Buchner Hans) (1850–1902), нем. химик 1/558; 5/158

Бухнер Эдуард (Buchner Eduard) (1860–1917), нем. химик 1/558, 656; 5/158

Бушарда Гюстав (Bouchardat Gustave) (1842–1918), франц. химик-органик 1/860; 2/708

Бэгг Г., швед. химик 1/472

Бэкингем (Бакингам) Ричард (Buckingham Richard) 3/1180

Бэкклунд Биргер (Backlund Birger), швед. химик-органик 4/344

Бэкон Роджер (Bacon Roger) (1214–94), англ. философ и естествоиспытатель 1/190, 191; 5/490, 507

Бэмфорд Уильям (Bamford William) (р. 1927), англ. химик-органик 1/658

Бэртон М., см. Бартон М.

Бюнгенберг де Йонг (Bungenberg de Jong H. G.) (1893–1977), нидерл. ученый 2/819

Бюсси Антуан (Bussy Antoine) (1794–1882), франц. химик 1/538

Бюхн Г. (Büchi G.), амер. химик 3/892

В

Вааге Петер (Waage Peter) (1833–1900), норв. физикохимик и минералог 2/23, 755; 3/413; 5/509

Ваальс Я. А. дан дер, см. Ван дер Ваальс Я. Д.

Валгер Егор Егорович (1849–1903), рос. химик-органик 1/659, 660; 2/312, 600

Валгер Карл Вильгельм (Wagner Carl Wilhelm) (1901–77), нем. физикохимик 5/515

Вайнрайт Т. 3/214

Валернус И. Г. (Wallerius J. G.) (1709–85), швед. химик, фармацевт и металлург 1/33

Валлес Т. 1/995

Валлах Отто (Wallach Otto) (1847–1931), нем. химик-органик 1/669; 2/1155; 3/786

Валь Артур (Wahl Arthur) (р. 1917), амер. химик 3/1155

Вальба Д. (Walba D.), амер. химик 4/1215

Вальдберг Вильгельм (Waldeyer Wilhelm) (1836–1921), нем. анатом и гистолог 5/636

Вальден Пауль (Павел Иванович) (Walden P.) (1863–1957), химик 4/858

Вальта З. С., рос. физикохимик 5/686

Вальти Альфонс (Walt Alphonse) (1897–?), амер. биохимик 4/31

Ван Ю. (Van Ju.) 1/471

Ван Аркель А., см. Аркель А. ван

Ван Гельмонт Я. Б., см. Гельмонт Я. Б. ван

Ван ден Брук А., см. Брук А. ван ден

Ван дер Ваальс Ян (Иоханнес) Дидерик [Van der Waals Jan (Johannes) Diederik] (1837–1923), нидерл. физик 1/679; 3/16

Ван Кревелен Д. (Van Crevelen D.), нидерл. физикохимик 5/51

Ван Лаар Я. (Van Laar J.), нидерл. физикохимик 5/176

Ван Марум Мартин (Van Marum Martinus) (1750–1837), нидерл. физик и ботаник 3/658

Ван Ниль Корнелис (van Niel Cornelis) (1897–?), амер. микробиолог 5/349

Ван Слайк Доналд Декстер (Van Slyke Donald Dexter) (1883–1971), амер. биохимик и химик-аналитик 1/252, 681

Вант Гофф Якоб (Van't Hoff Jacob) (1852–1911), нидерл. физикохимик 1/173, 972; 2/366, 755; 3/413, 786; 4/858, 1007; 5/176, 177, 178, 466, 509, 515

Ван Флек Джон (Van Vleck John) (1899–1980), амер. физик 2/722, 1232, 1238

Ванштейн А. А. 3/1122

Ван Экенштейн В. А. ван, см. Экенштейн В. А. ван

Варбург Отто (Warburg Otto) (1883–1970), нем. биохимик 1/558; 3/921

Василий Валентин (Basilius Valentinus) (15–16 вв.), нем. алхимик 4/945

Вебер К. (Weber K.) 5/338

Вегард Ларс (Vegard Lars) (1880–?), норв. геофизик 4/1006

Вейль П. (Weil P.), франц. химик 4/1191

Вейс Пьер (Weiss Pierre) (1865–1940), франц. физик 2/1238; 4/575

Вейс Самуэль (Weiss Samuel) (р. 1926), амер. биохимик 4/1231

Вейлер Фридрих (Wöhler Friedrich) (1800–82), нем. химик 1/511, 538, 558, 675, 683; 2/365, 548; 3/281, 785; 5/509

Веллер Альберт (Weller Albert) (р. 1922), нем. физикохимик 5/339

Вендрелл Коллет (Vendrelly Collette), франц. цитохимик 5/770

Вендрелл Роже (Vendrelly Roger), франц. цитохимик 5/770

Верген Э. (Wergen E.) 2/976

Верлей Антуан (Verley Antoine) (р. 1912), франц. химик-органик 3/11, 768

Вернадский Владимир Иванович (1863–1945), рос. ученый 1/553, 1015, 1017, 1019; 3/164; 5/484, 485

Вернер Альфред (Werner Alfred) (1866–1919), швейц. химик 2/778, 934; 3/413, 956; 4/858; 5/484

Вернер Л. (Werner L.), амер. радиохимик 2/1112

Вест Р. (West R.), амер. химик 3/724

Вестерберг Альберт (Westerberg Albert) (1863–1927), швед. химик 1/685

- Вигнер Юджин (Wigner Eugen) (p. 1902), амер. физик-теоретик 1/121
- Видал Дж. (Vidal J.) 5/71
- Видеман Густав (Wiedemann Gustav) (1826–99), нем. физик 5/850
- Видмарк Эрик (Widmark Erick) (1889–1945), швед. физиолог 5/108
- Викторов Алексей Иسمайлович (p. 1956), рос. физикохимик 5/72
- Виланд Генрих (Wieland Heinrich) (1877–1957), нем. химик-органик и биохимик 1/457; 3/786
- Виланд Теодор (Wieland Theodor) (p. 1913), нем. химик 3/711
- Виллигер Виктор (Villiger Victor) (1868–1934), нем. химик-органик 1/450
- Вильбранд Й. (Wilbrand J.), нем. химик 4/1267
- Вильгельми Людвиг (Wilhelmy Ludwig) (1812–64), нем. физик и химик 2/755; 5/509
- Виллеродт Конрад (Willgerodt Konrad) (1841–1930), нем. химик-органик 1/709
- Вильсмайер А. (Vilsmeier A.), нем. химик-органик 1/710
- Вилштеттер Рихард (Willstätter Richard) (1872–1942), нем. химик-органик 1/558; 3/786; 5/725
- Вильямсон Александр (Williamson Alexander) (1824–1904), англ. химик 1/711
- Виндаус Адольф (Windaus Adolf) (1876–1959), нем. химик-органик 3/786
- Винклер Клеменс (Winkler Clemens) (1838–1904), нем. химик 1/1039; 3/413; 5/467, 937
- Виноградов Александр Павлович (1895–1975), рос. геохимик 2/961; 5/349
- Виноградский Сергей Николаевич (1856–1953), рос. микробиолог 1/33, 558
- Винтер Э. (Winter E.), нем. химик 4/1125
- Вислиценус Иоханнес (Wislicenus Johannes) (1835–1902), нем. химик-органик 3/786
- Витман-Либольд Б. (Wietman-Libold B.), амер. биохимик 1/472
- Виттиг Георг (Wittig George) (1897–1987), нем. химик-органик 1/753; 3/787
- Вихель Х. (Wiechell H.), нем. химик 5/373
- Власенко Георгий Яковлевич (p. 1913), рос. химик 5/63
- Воган Р. (Vogan R.) 3/929
- Воеводский Владислав Владиславович (1917–67), рос. физикохимик 2/756
- Воклен Никола Луи (Vauquelin Nicolas Louis) (1763–1829), франц. химик 1/538, 558; 3/1134; 5/111, 612, 937, 938
- Волкин Эллиот (Volkin Elliot) (p. 1919), амер. биохимик 2/1325
- Волластон Уильям (Wollaston William) (1766–1828), англ. химик 3/873, 1134; 4/534
- Воль Альфред (Wohl Alfred) (1863–1939), нем. химик 1/825
- Воль Курт (Wohl Kurt) (1896–?), нем. физикохимик и биохимик 5/349
- Вольта Алессандро (Volta Alessandro) (1745–1827), итал. физик и физиолог 3/413; 5/921
- Вольф Л. (Wolff L.) (1857–1919), нем. химик-органик 1/811; 2/751
- Ворожцов Николай Николаевич (старший) (1881–1941), рос. химик-органик 2/976
- Воскресенский Александр Абрамович (1809–80), рос. химик-органик 1/533
- Вудворд Роберт (Woodward Robert) (1917–79), амер. химик-органик 1/552, 840, 841; 2/945, 1176; 3/92, 787, 965; 4/420, 665; 5/166, 443, 579, 928
- Вульф Георгий (Юрий) Викторович (1863–1925), рос. кристаллограф и кристаллофизик 4/475
- Вустер К. (Wooster C.) 1/542
- Вьель Поль (Vieille Paul) (1854–1934), франц. инженер 4/136
- Вюрц Шарль (Wurtz Charles) (1817–84), франц. химик-органик 1/204; 2/1188; 3/413, 786
- Гаврилов С.П., рос. инженер-нефтяник 2/166; 3/441
- Гадолин Юхан (Gadolin Juhan) (1760–1852), фин. химик 1/875; 2/548; 5/937
- Гайтлер Вальтер (Heitler Walter) (1904–81), физик и химик-теоретик 2/722; 3/627; 5/461
- Гален (Galenos) (ок. 130 – ок. 200), др.-рим. врач 5/111
- Галилеи Галилео (Galilei Galileo) (1564–1642), итал. физик, механик и астроном 5/507
- Гальвани Луиджи (Galvani Luigi) (1737–98), итал. анатом и физиолог 3/413; 5/921
- Гамильтон Вальтер (Hamilton Walter) (1932–73), амер. физиолог 5/108
- Гаммет Луис Плэк (Hammet Louis Plack) (1894–1987), амер. физикохимик 2/740; 3/788; 5/424
- Гамов Джордж (Георгий Антонович) (1904–68), амер. физик 1/1012; 3/211
- Ган Отто (Hahn Otto) (1879–1968), нем. радиохимик 2/370; 4/214, 318, 335, 336; 5/929, 937, 1017
- Ган Юхан (Gahn Juhan) (1745–1818), швед. минералог и химик 2/1288; 5/937
- Ганч Артур (Hantzsch Arthur) (1857–1935), нем. химик-органик 1/981; 2/778; 4/267, 752, 1189
- Гапон Евгений Никитич (1904–50), рос. физикохимик 3/818
- Гаркур Вернон (Harcourt Vernon) (1834–1919), англ. химик 2/755
- Гаттерман Людвиг (Gattermann Ludwig) (1860–1920), нем. химик 1/983
- Гаусс Карл Фридрих (Gauss Karl Friedrich) (1777–1855), нем. ученый 3/1172
- Гаффон Ханс (Gaffron Hans) (1902–79), амер. биохимик 5/349
- Гаюн Рене Жюст (Haüy René Just) (1743–1822), франц. кристаллограф и минералог 2/1063
- Гебер (Джебир ибн Хайян) (9–10 вв.), араб. медик и алхимик 5/507
- Гедройц Константин Казанович (1872–1932), рос. почвовед и агрохимик 1/33
- Гейдельбергер Михаэль (Heidelberg Michael) (1888–?), австр. микробиолог 2/427
- Гейзенберг Вернер (Heisenberg Werner) (1901–76), нем. физик-теоретик 2/717, 722
- Гей-Люссак Жозеф (Gay-Lussac Joseph) (1778–1850), франц. химик и физик 1/293, 471, 558, 576, 988; 2/777; 3/413, 785; 4/1189; 5/508, 554, 937
- Гейровский Ярослав (Heyrovský Jaroslav) (1890–1967), чеш. химик 1/293
- Гейтер Антон (Geuther Anton) (1833–89), нем. химик 2/785
- Геллер И. (Geller J.) 3/724
- Гелл-Мани Марри (Gell-Mann Murray) (p. 1929), амер. физик-теоретик 5/931
- Гелль Карл (Hell Karl) (1849–1926), нем. химик-органик 1/1005
- Гельмгольц Герман (Helmholtz Hermann) (1821–94), нем. ученый 2/3; 3/936; 4/773; 5/466, 850
- Гельмонт (Хелмонт) Ян Батист ван (van Helmont Jan Baptiste) (1579–1644), нидерл. естествоиспытатель 1/33; 5/508
- Гельригель Герман (Hellriegel Hermann) (1831–95), нем. агрохимик 1/33
- Гельферих Фридрих (Hefflerich Friedrich) (p. 1922), амер. химик 2/1172
- Гемерт ван А. (van Gemert A.), дат. ученый 5/108
- Генель В. (Henel W.), нем. химик 3/1223, 1228
- Генри Д. (Henry D.) 5/851
- Генри Уильям (Henry William) (1774–1836), англ. химик 1/1014
- Гербе М. (Guerbet M.) 1/1025
- Герман В. (Hermann W.), нем. химик 3/1223, 1228
- Гермес Трисмегист (Hermes Trismegistos) 1/189
- Герцфельд Карл Фердинанд (Herzfeld Karl Ferdinand) (1892–1978), амер. физик 4/870
- Гесс Герман Иванович (1802–50), рос. химик 1/1046; 3/413; 4/1085; 5/178, 466, 509
- Гиббс Джозайя (Gibbs Josiah) (1839–1903), амер. физик 1/53, 1065; 2/23, 317, 613, 860, 899; 3/1159, 1172; 4/823, 824; 5/99, 178, 466, 500, 509
- Гизель Ф. (Giesel F.), нем. ученый 1/131; 4/339
- Гиймен (Гиллемен) Роже (Guillemin Roger) (p. 1924), франц. физиолог 3/400
- Гилберт Уолтер (Gilbert Walter) (p. 1932), амер. биофизик 1/472
- Гиллеспи Роналд (Gillespie Ronald) (p. 1924), канад. физикохимик 1/1117; 5/461
- Гюрсо Альберт (Ghiorsio Albert) (p. 1915), амер. физик и химик 1/228, 541; 2/565, 1107, 1112; 3/57, 488; 5/160
- Гиппократ (ок. 460 – ок. 370 до н. э.), др.-греч. врач 5/111
- Глаубер Иоганн (Glauber Johann) (1604–70), нем. химик и врач 1/282
- Глейденни Лоуренс (Glendenin Lawrence) (p. 1918), амер. радиохимик 4/193, 336
- Гленсдорф П. (Glensdorf P.) 4/574
- Глестон Самуэль (Glasstone Samuel) (1897–?), амер. физикохимик 4/422
- Гмелин Иоганн Фридрих (Gmelin Johann Friedrich) (1748–1804), нем. химик и врач 5/467
- Гмелин Леопольд (Gmelin Leopold) (1788–1853), нем. химик 3/724; 5/492
- Гобли М. (Gobly M.) 2/1188
- Годен А. (Goden A.) 2/223
- Голей Марсель (Golay Marcel) (p. 1902), швейц. химик 2/611
- Гольдшмидт Виталий Иосифович (p. 1923), рос. физикохимик 2/1034
- Гольдшмидт Виктор (Goldschmidt Victor) (1888–1947), норв. геохимик 1/411, 1015, 1017; 2/961, 1064; 5/99, 515
- Гольдшмидт Штефан (Goldschmidt Stefan) (1889–1971), нем. химик-органик 3/786
- Гомберг Моисе (Gomberg Moses) (1866–1947), амер. химик 1/1158; 3/786; 4/304, 1255
- Гомолька Б. (Gomolka B.), нем. химик 5/326
- Гопкинс (Хопкинс) Фредерик (Hopkins Frederic) (1861–1947), англ. биохимик 5/1
- Гордон А. (Gordon A.) (p. 1911), англ. физикохимик 3/810
- Горошенко Яков Гаврилович, укр. химик-неорганик 5/174
- Гудсмит Самуэль (Goudsmit Samuel) (1902–79), амер. физик 4/787
- Гофман Август (Hofmann August) (1818–92), нем. химик-органик 1/306, 1181; 2/373, 1176; 3/785
- Гофмейстер Фридрих (Hofmeister Friedrich) (1850–1922), нем. химик 1/558
- Гохштейн Александр Яковлевич (p. 1935), рос. физикохимик 5/845
- Гракаукас В. (Grakauskas V.), амер. химик 1/1184
- Грассман Герман (Grassmann Hermann) (1809–77), нем. математик, физик и филолог 5/652
- Граф П. (Graf P.), нем. химик 4/526
- Гребе Карл (Graebe Karl) (1841–1924), нем. химик-органик 1/139, 874; 2/976
- Гребенщиков Илья Васильевич (1887–1953), рос. химик 5/485
- Грегор Уильям (Gregor William) (1761–1817), англ. минералог 4/1175
- Грей В. (Gray V.), англ. биохимик 5/801
- Грив У. (Grieve W.), англ. химик 1/1158
- Гринберг Александр Абрамович (1898–1966), рос. химик-неорганик 1/121; 3/413
- Гриньяр Виктор (Grignard Victor) (1871–1935), франц. химик-органик 1/1205; 3/786
- Гриесс Иоганн Петер (Griess Johann Peter) (1829–88), нем. химик-органик 1/91; 2/71, 75, 976
- Гриффитс Дж. (Griffiths J.) 5/627
- Громека Ипполит Степанович (1851–89), рос. гидрохимик 2/613
- Громов Сергей Пантелеймонович (p. 1953), рос. химик-органик 2/964
- Гроссетест Роберт (Grossetest Robert), англ. философ 1/190
- Грот Пауль Генрих (Groth Paul Heinrich) (1843–1927), нем. кристаллограф и минералог 3/276
- Гроттус (Гроттус) Теодор [Grotthuss (Grothuss) Theodore] (1785–1822), прибалт. физик и химик 5/357
- Грэм Д. (Graham D.), амер. физик 2/3
- Грэм Томас (Graham Thomas) (1805–69), англ. химик 2/860
- Грязнов Николай Сергеевич (1907–91), рос. коксохимик 5/52
- Губен Иозеф (Houben Josef) (1875–1940), нем. химик 5/450

- Губерт Э. (Houbert E.), нем. химик 3/719
Губкин Иван Михайлович (1871–1939), рос. геолог 3/457
Гувер Теодор (Hoover Theodore) (1871–?), амер. химик и металлург 5/209
Гутенгейм Эдвард (Guggenheim Edward) (1901–70), англ. физикохимик 1/57; 4/368
Гудри Эжен (Houdry Eugene) (1892–1962), амер. химик и промышленник 2/678
Гуй Луи Жорж (Gouy Louis Georges) (1854–1926), франц. физик 2/3
Гук Роберт (Hooke Robert) (1635–1703), англ. физик 1/1212
Гуллейд Дж., амер. биохимик 3/593
Гульдберг Като (Guldberg Cato) (1836–1902), норв. физикохимик и математик 2/23, 755; 3/413; 5/509
Гурвич Джеральд (Hurwitz Jerald) (р. 1928), амер. ученый 4/1231
Гурвич Лев Гаврилович (1871–1926), рос. нефтяник 3/441
Гурон М. (Guron M.) 5/71
Гусев Николай Григорьевич (р. 1912), рос. физик 4/289
Гухман Александр Адольфович (1897–1992), рос. теплофизик 3/1180
Гьельм П. (Huelm P.), швед. химик 3/245

Д

- Давидов Август Юльевич (1823–86), рос. механик и математик 2/613; 3/1172
Дажер Луи (Daguerre Louis) (1787–1851), франц. художник и изобретатель 5/330
Дайзенхофер Иоганн (Daisenhofer Johann) (р. 1943), нем. биофизик 5/350
Дальтон Джон (Dalton John) (1766–1844), англ. химик и физик 1/1221; 2/984; 3/413, 434; 5/508, 936
Даниель Джон Фредерик (Daniell John Frederic) (1790–1845), англ. физик и химик 1/1221
Данилевский Александр Яковлевич (1838–1923), рос. биохимик 1/558
Дарзан Жорж (Георг) (Darzens George) (1867–1954), франц. химик-органик 1/1222
Датт Шелдон (Datz Sheldon) (р. 1927), амер. физикохимик 3/240
Даунс А. (Downs A.) (1899–?), амер. биохимик 1/1012; 3/211
Дафф Джеймс (Duff James) (1888–?), англ. химик-органик 2/1
Дебай Петер (Debye Peter) (1884–1966), физик 2/8; 5/923
Де Бур Я. Х., см. Бур Я. Х. де
Дебьерн Андре (Debierne Andre) (1874–1949), франц. химик 1/131; 4/339; 5/937
Де Вид Д., нидерл. ученый 3/400
Девиль Анри (Deville Henri) (1818–81), франц. химик 4/1202
Дегтярева Валентина Феофановна (р. 1940), рос. металлофизик 2/484
Де Донде Т. (De Donde T.), бельг. физик 4/1069; 5/506
Дейкин Генри (Dakin Henry) (1880–1952), англ. биохимик 2/21, 22
Дейсенс Луис (Duysens Louis) (р. 1921), нидерл. биофизик 5/349
Декруазиль Франсуа (Descroizilles Francois) (1751–1825), франц. химик-технолог 1/293
Делепин Марсель (Delepine Marcel) (1871–1965), франц. химик-органик 2/32
Демарсе Эжен (Demarcay Eugene) (1852–1903), франц. химик 2/244; 5/937
Демокрит (ок. 460 – ок. 370 до н.э.), др.-греч. ученый 5/507
Демьянов Николай Яковлевич (1861–1938), рос. химик-органик 2/33
Дёринг В. (Doering W.) 2/318
Дёринг Уильям (Doering William) (р. 1917), амер. химик-органик 2/37; 5/21
Дерягин Борис Владимирович (1902–94), рос. физикохимик 2/613, 860; 3/1174; 4/345; 5/63, 851

- Де Фриз Гуго (De Vries Hugo) (1848–1935), нидерл. ботаник и генетик 3/301
Джебир ибн Хайян, см. Гебер
Джеймс А. (James A.), амер. биохимик 1/920
Джеймс Д. (James D.) 5/627
Джеймс Ралф (James Ralph) (р. 1920), амер. химик 1/228; 2/1112
Джонсон Трет (Johnson Treat) (1875–1947), амер. химик 5/451
Джонсон У. (Johnson W.), англ. биохимик 4/1262
Джоуль Джеймс (Joule James) (1818–89), англ. физик 3/936; 4/773
Дидро Дени (Diderot Denis) (1713–84), франц. философ 5/508
Дикенс Фрэнк (Dickens Frank) (1889–?), амер. биохимик 3/921
Дикман Вальтер (Dieckman Walter) (1869–1925), нем. химик-органик 2/111
Дильтс Отто (Diels Otto) (1876–1954), нем. химик-органик 2/102; 3/787
Димрот Отто (Dimroth Otto) (1872–1940), нем. химик-органик 2/124
Дирак Пол (Dirac Paul) (1902–84), англ. физик-теоретик 3/892; 4/787, 826
Догонадзе Резо Резоевич (1931–86), груз. физик-теоретик 4/410
Доннан Фредерик Джордж (Donnan Frederick George) (1870–1956), англ. физикохимик 1/449
Донахью Томас Майкл (Donahue Thomas Michael) (р. 1921), амер. физик 5/72
Дори Э. (Dori E.), нем. химик 4/339; 5/850
Дорфман Леон (Dorfman Leon) (р. 1922), амер. физикохимик 2/430
Дост Фрэнк Норман (Dost Frank Norman) (р. 1926), амер. физиолог и токсиколог 5/108
Доти Пол (Doty Paul) (р. 1920), амер. биохимик 3/594
Дрексель Эдмунд (Drechsel Edmund) (1843–1897), нем. химик 2/1176
Друде Пауль (Drude Paul) (1863–1906), нем. физик 3/773
Дрю М. (Dru M.) 5/442
Дубинин Михаил Михайлович (1900/01–93), рос. физикохимик 1/58; 2/166, 737
Думанский Антон Владимирович (1880–1967), укр. химик 2/860, 1184; 5/486
Духин Станислав Самуилович (р. 1931), рос. физикохимик 5/851
Дьюар Джеймс (Dewar James) (1842–1923), англ. физик и химик 2/1033; 3/1046
Дьюар Майкл (Dewar Michael) (р. 1918), англ. химик 3/236, 964; 5/905
Дьякова Мария Кузьминична (1904–76), рос. химик-технолог 5/52
Дьяконов Герман Константинович, рос. теплофизик 3/1180
Дьярмати Иштван (Gyarmathi Istvan), венг. физик 4/1069
Дэви Гемфри (Davy Humphrey) (1778–1829), англ. химик и физик 1/459, 576, 912; 2/562, 580, 777, 1202, 1235; 3/349, 413; 4/876; 5/554, 922, 937
Дэви Эдмунд (Davy Edmund) (1785–1857), англ. химик 1/431
Дюбрёйф Огюст Пьер (Dubrunfaut Augustin Pierre) (1797–1881), франц. биохимик 3/299
Дю Вигньон Винсент (Du Vigneaud Vincent) (1901–78), амер. биохимик 1/552, 559, 661; 3/713, 929
Дюгем (Дюэм) Пьер (Duhem Pierre) (1861–1916), франц. физик-теоретик и философ 1/1065
Дюко дю Орон Луи (Duko du Oron Louis) (1837–1920), франц. химик 5/326
Дюлонг Пьер (Dulong Pierre) (1785–1838), франц. физик и химик 3/413
Дюма Жан Батист (Dumas Jean Baptiste) (1800–84), франц. химик 2/242; 3/120, 216, 785

Е, Ж

- Енсен В. (Jensen W.), амер. химик 3/672
Еремий Иван Васильевич (р. 1923), рос. геолог и теплофизик 5/52
Жаботинский Анатолий Маркович (р. 1938), рос. биофизик 1/486

- Жакоб Франсуа (Jacob Francois) (р. 1920), франц. микробиолог и генетик 3/211; 4/1231
Жансен Пьер Жюль (Janssen Pierre Jules) (1824–1907), франц. астроном 1/1004
Жемчужников Юрий Аполлонович (1885–1957), рос. геолог 5/51
Жемчужный Сергей Федорович (1873–1929), рос. химик-неорганик и металлограф 4/1006
Жерар Шарль (Gerhardt Charles) (1816–56), франц. химик 3/785; 5/509
Жинкин Лев Николаевич (1908–71), рос. цитолог 5/770
Жирардин М. (Gerarden M.), франц. ученый 5/898
Жоб П. (Job P.) 5/176
Жолио Пьер (Joliot Pierre) (р. 1932), франц. физиолог растений 5/350
Жолио-Кюри Ирен (Joliot-Curie Iren) (1897–1956), франц. физик 4/318, 335
Жолио-Кюри Фредерик (Joliot-Curie Frederic) (1900–58), франц. физик 3/566; 4/318, 335
Жуков Иван Иванович (1880–1949), рос. химик 2/860
Жуховицкий Александр Абрамович (1908–90), рос. физикохимик 5/627
Жюрен Джеймс (Jurin James) (1685–1750), англ. физик и врач 2/613; 3/1174

З

- Заваричин Александр Николаевич (1884–1952), рос. геолог и петрограф 1/1015; 3/996
Завойский Евгений Константинович (1907–76), рос. физик 5/893
Зайцев Александр Михайлович (1841–1910), рос. химик-органик 2/311; 3/786
Зайцев Михаил Михайлович (1845–1904), рос. химик-органик 4/539
Замечник Пол (Zamecnic Paul) (р. 1912), амер. ученый 1/559
Зандмейер Трауготт (Sandmeyer Traugott) (1854–1922), швейц. химик-органик 2/315
Звара Иво (Zvaga Ivo) (р. 1934), чеш. химик 3/488
Зворыкин Владимир Кузьмич (1888–1982), инженер и изобретатель 5/874
Звягинцев Орест Евгеньевич (1894–1967), рос. химик 3/413
Зеeman Пьер (Zeeman Pieter) (1865–1943), нидерл. физик 2/330
Зейде Оскар Адольфович, рос. химик 5/778
Зервас Леонидас (Zervas Leonidas) (1902–80), греч. химик-органик 3/929
Зелинский Николай Дмитриевич (1861–1953), рос. химик-органик 1/552, 1005, 1059; 2/331, 684; 3/448, 786; 5/485
Зельдович Яков Борисович (1914–87), рос. физик-теоретик 1/56; 2/318
Зигмонди (Жигмонди) Рихард (Zsigmondy Richard) (1865–1929), австр. физикохимик 2/860; 5/62
Зидентопф Генри (Siedentopf Henry) (1872–1940), нем. физик 5/62
Зимаков Игорь Евгеньевич (р. 1934), рос. радиохимик 2/383
Зинин Николай Николаевич (1812–80), рос. химик-органик 1/490, 491; 2/331, 976; 3/531, 785; 5/467
Зиновьев Юрий Матвеевич (1910–81), рос. химик-органик 3/672
Зосима (ок. 350 – ок. 400), др.-греч. алхимик 5/506
Зубов Павел Васильевич (1862–1921), рос. химик 1/1025

И, Й

- Ибн Сина (Авиценна) (980–1037), ученый и врач 5/111, 507
Иванов Димитр (1894–1976), болг. химик-органик 2/345
Измаильский Всеволод Александрович (1885–1973), рос. химик-органик 2/976
Измайлов Николай Аркадьевич (1907–61), рос. физикохимик 1/294; 4/1209
Илнел Эрнст (Eliel Ernst) (р. 1921), амер. химик 4/1216
Ильинский Владимир Петрович (1885–1964), рос. химик-технолог 1/972

Ильинский Михаил Александрович (1856–1941),
рос. химик-органик 1/294; 2/976
Ингенхауз Ян (Ingen-Hausz Jan) (1730–99), нидерл.
врач 1/33, 558; 5/349
Инголд(ьд) Кристофер (Ingold Christopher) (1893–
1970), англ. химик-органик 3/30, 788; 4/859
Иогансен Вильгельм (Johansen Wilhelm) (1857–
1927), дат. биохимик 1/1010
Ионов Николай Ильич (1913–92), рос. физик 2/1314
Иоцян Живоин Ильич (1870–1914), рос. химик-ор-
ганик 2/533
Ипатьев Владимир Николаевич (1867–1952), рос.
химик 2/664; 3/448
Йонг де Б., см. Бюнгенберг де Йонг

К

Кабачник Мартин Израилевич (1908–97), рос. хи-
мик-органик 2/550
Каблуков Иван Александрович (1857–1942), рос.
физиохиимик 5/923
Каванту Жозеф Бьенеме (Caventou Joseph Bienaimé)
(1795–1877), франц. химик и токсиколог 1/628;
5/349
Кавендиш Генри (Cavendish Henry) (1731–1810),
англ. физик и химик 1/779; 5/508, 937
Каде Луи Клод (Cadet Louis Claude) (1731–99),
франц. химик 3/318
Каде Шарль Луи (Cadet Charles Louis) (1769–1821),
франц. химик 5/490
Каджо Поль (Cadiot Paul) (р. 1923), франц. химик-
органик 2/551
Каймел У. (Kimmel W.) 2/1110
Калвин (Кэлвин) Мелвин (Calvin Melvyn) (1911–
1997), амер. биохимик 1/558; 5/349
Калькар Герман (Kalkar Hermann) (р. 1908), амер.
биохимик 3/671
Камен Мартин (Kamen Martin), англ. химик 5/349
Камерлинг-Оннес Хейке (Kamerlingh-Onnes Huike)
(1853–1926), нидерл. физик 4/587
Камерон Джон Александер (Cameron John Alexander)
(р. 1936), амер. физик-американец 2/1314; 4/335,
336
Кан Роберт (Cahn Robert), англ. химик 4/859
Каннингем Баррис (Cunningham Burriss) (р. 1912),
амер. биохимик 1/542
Канинцаро Станислао (Cannizzaro Stanislao)
(1826–1910), итал. химик 1/497; 2/604; 3/216;
5/508
Капица Петр Леонидович (1894–1984), рос. физик
5/602
Караваев Николай Михайлович (1890–1979), рос.
химик 5/52
Караш (Хараш) Морис (Kharasch Maurice) (1895–
1957), амер. химик-органик 5/94
Каргин Валентин Алексеевич (1907–69), рос. физи-
кохимик 1/861
Карнус Людвиг (Carius Ludwig) (1829–75), нем.
химик 2/654
Карлайль Антони (Carlisle Anthony) (1768–1840),
англ. химик 5/922
Карно Никола (Carnot Nicolas) (1796–1832), франц.
физик и инженер 1/840; 5/178
Карозерс Марвин (Carothers Marvin) (р. 1952), амер.
биохимик 4/1001
Карозерс Уоллес (Carothers Wallace) (1896–1937),
амер. химик 1/860; 3/1210
Карпов Лев Яковлевич (1879–1921), организатор
рос. хим. пром-сти и науки 5/484
Карравей Р. (Carravey R.) 3/401
Каррер Пауль (Karrer Paul) (1889–1971), швейц.
химик-органик 3/786
Касаточкин Владимир Иванович (1904–78), рос.
химик-технолог 5/52
Каспер Дж. (Casper J.) 2/482
Касперсон Тобиюорт (Caspersen Tobeyort) (р. 1910),
швед. биофизик 5/770
Кацояннис Панайотис (Katsouyannis Panajotis)
(р. 1924), амер. биохимик 1/471
Квинке Георг Герман (Quincke Georg Hermann)
(1834–1924), нем. физик 5/850
Кворт Харолд (Kwart Harold) (р. 1925), амер. физи-
кохимик и химик-органик 3/607

Кедровский Борис Васильевич, рос. цитолог 5/770
Кекуле Фридрих (Kekule Friedrich) (1829–96), нем.
химик-органик 1/375; 3/413, 785; 5/484, 509
Кёлер Георг (Köhler Georg) (р. 1946), нем. иммуно-
лог 2/428
Кёнигс Вильгельм (Königs Wilhelm) (1851–1906),
нем. химик 2/733
Кендрю Джон (Kendrew John) (р. 1917), англ. био-
химик 1/471; 3/176
Кеннеди Джозеф (Kennedy Joseph) (р. 1917), амер.
физиохиимик 3/1155
Кернер Р. (Kerner R.), англ. химик 3/1046
Керр Джон (Kerr John) (1824–1907), англ. физик
2/739
Кёртин Дэвид (Curtin David) (р. 1920), амер. химик-
органик 2/740
Кесслер Г. (Kessler H.), амер. химик 4/1216
Кижнер Николай Матвеевич (1867–1935), рос. хи-
мик-органик 2/750, 751
Киллани Генрих (Kilian Heinrich) (1855–1945), нем.
химик 2/752
Кин Дж. 2/430
Кинан Д. (Kinnan D.) 3/936
Кинг Лафайетт (King Lafayette) (р. 1914), амер.
химик-органик 3/814
Киннер А. (Kinneer A.), амер. химик 2/812
Киприанов Андрей Иванович (1896–1972), рос. хи-
мик-органик 3/1219
Кирквуд Джон (Kirkwood John) (1907–59), амер.
химик и физик-теоретик 4/748
Кирпичев Михаил Викторович (1879–1955), рос.
теплотехник и теплофизик 3/1180
Кирсанов Александр Васильевич (1901–92), укр.
химик-органик 2/765
Кирхгоф Густав (Kirchhoff Gustav) (1824–87), нем.
физик 2/765; 4/558; 5/657, 937, 938
Кирхгоф Константин Сигизмундович (Готтлиб Си-
гизмунд Константин) (1764–1833), рос. химик
5/152, 158
Китабейль Поль (Kitaibel Paul или Paul) (1757–1817),
австр.-венг. ботаник, химик и минералог 4/1021
Китайгородский Александр Исаакович (1914–85),
рос. физик 3/20, 220; 5/515
Клайзен Людвиг (Claissen Ludwig) (1851–1930), нем.
химик-органик 2/785, 787; 3/786
Клапейрон Бенуа Поль Эмиль (Clapeyron Benoit
Paul Emile) (1799–1864), франц. физик и инженер
2/788, 789
Клапрот Мартин Генрих (Klaproth Martin Heinrich)
(1743–1817), нем. химик 4/24, 1021; 5/78, 696,
763, 938
Кларк Лиланд Чарльз (Clark Leland Charles)
(р. 1918), амер. биохимик 5/915
Кларк Фрэнк (Clark Frank) (1847–1931), амер. гео-
химик 1/1017; 2/789
Кларк Ханс (Clarke Hans) (1887–1972), англ. химик-
органик и биохимик 5/1013
Клас Юрий, словацкий химик 2/383
Клаузуус Рудольф (Clausius Rudolf) (1822–88), нем.
физик 1/840; 2/788; 4/1069; 5/178, 957
Клаус Карл Карлович (1796–1864), рос. химик
3/1134; 4/565; 5/937
Клеве Пер Теодор (Cleve Per Theodore) (1840–1905),
швед. химик 1/1157; 5/24, 937, 938
Клей Джон (Clay John) (р. 1910), амер. химик 2/812
Клейтон Дж. (Clayton J.), амер. химик 3/672
Клемменсен Эрх (Clemmensen Erich) (1876–1941),
амер. химик-органик 2/810
Клемо Жорж Роже (Clemon George Roger) (1889–?),
англ. химик-органик 3/1226
Клер Эдвин Генри (Cler Edwin Henry) (р. 1932),
амер. радиохимик 2/383
Клиббенс Д. (Clibbens D.), англ. химик 3/499
Климова Валентина Алексеевна (1900–58), рос. хи-
мик-аналитик 2/960
Клингеманн Ф. (Klingemann F.), нем. химик 5/1060
Кнёвенагель Эмиль (Knoevenagel Emil) (1865–
1921), нем. химик-органик 2/814; 3/786
Книппинг Пауль (Knipping Paul) (1883–1935), нем.
физик 2/1063; 4/475
Кнолл Макс (Knoll Max) (1897–?), нем. химик
5/874
Кноп Вильгельм (Knop Wilhelm) (1817–91), нем.
агрохимик 1/33

Кнопп Людвиг (Knopp Ludwig) (1859–1921), нем.
химик-органик 2/815; 3/786, 871
Кнопп Эдуард (Knopp Eduard) (?–1926), нем. химик
2/733
Кобозеа Николай Иванович (1903–74), рос. физи-
кохимик 1/1059; 5/847
Козловский Р. (Kozlowsky R.) 4/627
Кок Б. (Cock B.), амер. биолог 5/350
Кокрофт Джон Дуглас (Cockroft John Douglas)
(1897–1967), англ. физик 5/1017
Коловат-Червинский Л. (Kolowrat-Tscherwin-
ski L.) (1884–1921), радиохимик 5/947
Коль Сидней (Cole Sydney) (1877–1951), англ. хи-
мик 5/1
Кольбе Адольф (Kolbe Adolf) (1818–84), нем. химик
2/863, 864; 3/785
Кольрауш Фридрих (Kohrausch Friedrich) (1840–
1910), нем. физик и физиохиимик 2/864; 5/923
Кольцов Николай Константинович (1872–1940),
рос. биолог 3/211
Кондаков Иван Лаврентьевич (1857–1931), рос. хи-
мик-органик 1/860; 2/888
Кондратьев Виктор Николаевич (1902–79), рос. фи-
зиохиимик 2/756
Коновалов Дмитрий Петрович (1856–1929), рос.
химик 2/899; 5/176, 178
Коновалов Михаил Иванович (1858–1906), рос. хи-
мик-органик 2/900; 3/439, 448
Коппингер Г. (Coppinger G.), амер. химик 1/978
Корана Хар (Khorana Har) (р. 1922), амер. биохим-
ик 1/1010, 1013; 3/211, 212, 787
Корвисар Люсьен (Corvisart Lucien) (1824–82),
франц. физиолог 1/471
Коржинский Дмитрий Сергеевич (1899–1985), рос.
геолог 5/99
Корн Роберт (Corey Robert) (1897–1971), амер.
химик-органик 1/471
Кори Элиас Джеймс (Corey Elias James) (р. 1928),
амер. химик-органик 2/935; 4/512
Корнелл Ч. (Coriell Ch.), амер. радиохимик 4/193,
336
Корнберг Артур (Kornberg Arthur) (р. 1918), амер.
биохимик 1/1010
Корнблум Натан (Kornblum Nathan) (р. 1914), амер.
химик-органик 2/939
Корнилло А. 2/888
Корнфорт Джон Уоркан (Cornforth John Warcup)
(р. 1917), англ. химик-органик 4/859
Корсон Дэйл (Corson Dale) (р. 1914), амер. физик
1/398; 4/336
Коршах Василий Владимирович (1908/09–88), рос.
химик 4/32
Коршун Мярра Основна (1910–81), рос. химик-
аналитик 2/960
Коссель Альбрехт (Kossel Albrecht) (1853–1927),
нем. биохимик 1/471; 3/593
Коссель Вальтер (Kossel Walther) (1888–1956), нем.
физик 3/787; 5/461
Коссович Петр Самсонович (1862–1915), рос. агро-
химик и почвовед 1/33
Кост Алексей Николаевич (1915–79), рос. химик-
органик 2/964
Кост Ю. 3/457
Костер Дирк (Koster Dirk) (1889–1950), нидерл.
физик 1/987; 5/937
Костычев Павел Андреевич (1845–95), рос. почво-
вед 1/33
Коттон Эме (Cotton Aimé) (1869–1951), франц.
физик 4/859
Кулсон Чарльз (Coulson Charles) (1910–74), англ.
химик-теоретик 4/420
Коуп Артур (Cope Arthur) (1909–66), амер. химик-
органик 2/966
Кох Г. (Koch H.), нем. химик 2/971
Кох Юлиус (Koch Julius) (р. 1912), нем. химик-ор-
ганик 1/983
Кочетков Николай Константинович (р. 1915), рос.
химик-органик 2/888
Кошкин Лев Николаевич (р. 1912), рос. ученый
4/542
Крам Доналд (Cram Donald) (р. 1919), амер. химик-
органик 1/391; 3/787
Крамэр Э. (Kramer E.), нем. химик 4/642

- Краммерс Хендрик Антони (Kramers Hendrick Anthony) (1894–1952), нидерл. физик-теоретик 4/410
- Кранстон Джон (Cranston John) (1891–?), англ. химик 4/214
- Крапивин Сергей Гаврилович (1868–1927), рос. химик 2/888
- Красуский Константин Адамович (1867–1937), рос. химик-органик 2/983
- Крафтс Джеймс (Crafts James) (1839–1917), амер. химик 3/786; 5/369
- Кребс Ханс Адольф (Krebs Hans Adolf) (1900–81), англ. биохимик 1/558; 3/812; 4/1262
- Крелль Лоренц фон (von Crell Lorenz) (1745–1816), нем. химик 5/477
- Крёнке Фриц (Kröhnke Fritz) (1903–81), нем. химик-органик 2/1033; 3/814
- Кривиз О. (Kriewitz O.) 4/171
- Крик Фрэнсис (Crick Francis) (р. 1916), англ. биолог и генетик 1/559, 1013; 2/877; 3/210, 301, 593; 4/499, 1240
- Крипкевич П. И., укр. химик-органик 2/480
- Кричевский Исаак Рувимович (1901–93), рос. физикохимик 1/1216
- Кришнан Кариманикхам (Krishnan Kariamanikham) (1898–1961), инд. физик 2/867
- Кронстедт Аксель (Cronstedt Axel) (1722–65), швед. минералог и химик 3/475; 5/937
- Кроуфут-Ходжкин Дороти (Crowfoot Hodgkin Dorothy) (1910–94), англ. химик и биохимик 1/559
- Крофорд Алер (Crawford Ader) (1748–95), англ. химик 4/876; 5/937
- Крукс Уильям (Crookes William) (1832–1919), англ. физик и химик 4/975; 5/937, 938
- Крюгер-Тиммер Э. (Krüger-Timmer E.), нем. ученый 5/108
- Кун Вильгельм (Kuhn Wilhelm), нем. физикохимик 1/862; 3/773
- Кун Рихард (Kuhn Richard) (1900–67), нем. химик и биохимик 3/786
- Купер Арчибалд (Couper Archibald) (1831–92), англ. химик 3/785
- Купманс Тьяллинг (Koormans Tjalling) (1910–85), нидерл. и амер. ученый 2/1104
- Кураков Николай Семенович (1860–1941), рос. химик 1/972; 3/413, 434; 4/1006; 5/174, 176, 485, 515
- Куртуа Бернар (Courtois Bernard) (1777–1836), франц. химик 2/496; 5/111, 937
- Куриус Теодор (Curtius Theodor) (1857–1928), нем. химик-органик 1/656; 2/751, 1107; 3/929
- Курчатов Борис Васильевич (1905–72), рос. химик 2/370
- Курчатов Игорь Васильевич (1902/03–60), рос. физик 2/370, 1107; 4/336; 5/1017
- Кутателадзе Иовель Григорьевич (1887–1963), груз. фармаколог 5/486
- Кучеров Михаил Григорьевич (1850–1911), рос. химик-органик 2/1108
- Кьельдаль Иохан (Kjeldahl Johan) (1849–1900), дат. химик 2/1108
- Кэлвин М., см. Калвин М.
- Кэллоу Д., амер. химик и металлург 5/209
- Кэмпис Рудольф (Camps Rudolf) (1860–?), нем. химик 2/1109
- Кэрролл М. Ф. (Carroll M. F.) 2/1110
- Кюне Вильгельм (Kühne Wilhelm) (1837–1900), нем. физиолог 1/558
- Кюри Пьер (Curie Pierre) (1859–1906), франц. физик 2/1111, 1237; 3/413; 4/99, 300, 318, 335; 5/937, 1017
- Лазарев Петр Петрович (1878–1942), рос. физик и биофизик 5/357
- Лампадиус Вильгельм Август (Lampadius Wilhelm August) (1772–1842), нем. химик 4/178
- Ландау Александр Исаакович (р. 1933), укр. физикохимик 5/99
- Ландау Лев Давидович (1908–68), рос. физик-теоретик 1/341; 5/103
- Ланде Альфред (Lande Alfred) (1888–1975), франц. химик 2/1064
- Ландер Джеймс (Lander James) (р. 1931), змер. физик 3/655
- Ландольт Ханс (Landolt Hans) (1831–1910), нем. физикохимик 5/491
- Ландсберг Григорий Самуилович (1890–1957), рос. физик 2/867
- Ландштейнер Карл (Landsteiner Carl) (1868–1943), австр. иммунолог 1/323
- Лаплас Пьер (Laplace Piere) (1749–1827), франц. астроном, математик, физик 2/577, 613, 860; 3/1172, 1174; 4/1085
- Лапп К. (Lapp K.), франц. биохимик и фармаколог 5/108
- Ласкорин Борис Николаевич (р. 1915), рос. химик-технолог 1/466
- Лассень Жан (Lassaigne Jean) (1800–59), франц. химик 2/1148
- Латинжер Л. (Latijer L.), англ. химик 3/1216
- Лауэ Макс фон (von Laue Max) (1879–1960), нем. физик 2/1063; 4/475; 5/515
- Лебелес Сергей Васильевич (1874–1934), рос. химик 1/629, 632, 860; 2/665; 3/1266; 4/309; 5/467, 485
- Ле Бел Жозеф Ашиль (Le Bel Josef Achill) (1847–1930), франц. химик 3/786; 4/858; 5/509
- Леблан Никола (Leblanc Nicolas) (1742–1806), франц. химик-технолог 5/467
- Леблон К. (Leblonc K.), франц. цитохимик 5/770
- Леви Джорджо (Levi Giorgio) (1895–1965), итал. физикохимик 1/121
- Левня Фибус (Levene Phoebe) (1869–1940), амер. биохимик 3/593; 4/31
- Левкипп (5 в. до н. э.), др.-греч. философ 5/507
- Лейбниц Готтфрид (Leibnitz Gottfried) (1646–1716), нем. философ и математик 4/773
- Лейдлер К. (Leydler K.), амер. физикохимик 4/422
- Лейкарт Рудольф (Leuckart Rudolf) (1854–89), нем. химик-органик 2/1155
- Лейкс Герман (Leucks Hermann) (1879–1945), нем. химик 3/929
- Лекланше Жан (Leclanché Jean) (1832–82), франц. физик 2/1162
- Лекок де Буабодран Поль Эмиль (Lecoq de Boisbaudran Paul Emile) (1838–1912), франц. химик 1/937; 2/157; 3/413; 4/571; 5/937
- Лелуар Луис (Leloir Luis) (1906–87), аргент. биохимик 1/559
- Лемал Дэвид (Lemal David) (р. 1934), амер. химик-органик 3/965
- Леман Канон (Leman Canon) (1902–52), франц. химик 1/471
- Леман Отто (Lehmann Otto) (1855–1922), нем. физик 2/289
- Лен Жан Мари (Lehn Jean Mari) (р. 1939), франц. химик-органик 3/787
- Ленард Филипп (Lenard Philipp) (1862–1947), нем. физик 2/1309
- Ленгмюр Ирвинг (Langmuir Irving) (1881–1957), амер. физик и физикохимик 1/56; 2/688, 860; 3/1095, 1160, 1172, 1174
- Леннард-Джонс Джон (Lennard-Jones John) (1894–1954), англ. химик-теоретик 2/722; 5/474
- Леонардо да Винчи (Leonardo da Vinci) (1452–1519), итал. живописец, скульптор, изобретатель 2/613
- Лепти Р. (Lepetit R.) (1865–1928), франц. химик 1/655
- Летзингер Роберт (Letzinger Robert) (р. 1921), амер. химик-органик 4/1002
- Летний Александр Александрович (1848–83), рос. химик-технолог 3/441
- Лёфлер Карл (Löffler Karl) (1887–1972), нем. химик 1/1181
- Ле Шателье Анри (Le Chatelier Henri) (1850–1936), франц. физикохимик и металлург 5/176, 178, 467
- Ли Ян (Юань Цзели) (Lee Juan) (р. 1936), амер. физикохимик 3/240
- Либавий Андреас (Libavius Andreas) (1550–1616), нем. химик и врач 5/490
- Либерман Карл (Libermann Carl) (1842–1914), нем. химик 1/139; 2/976
- Либих Юстус (Liebig Justus) (1803–73), нем. химик 1/33, 293, 511, 558; 2/365, 777; 3/785; 5/158, 467, 477, 483, 509
- Лизетанг Рафаэль Эдуард (Leezegang Raphael Edward) (1869–1942), нем. химик 2/1259
- Лямен С. (Leemen S.) 3/401
- Линдерстрём-Ланг Кай Ульрих (Linderström-Lang Kay Ulrich) (1896–1959), дат. биохимик 1/471
- Липман (Липпман) Габриэль (Lippmann Gabriel) (1845–1921), франц. физик 3/1174; 5/845
- Липман Фриц (Lipmann Fritz) (1899–1986), амер. биохимик 1/558; 3/921
- Лифшиц Евгений Михайлович (1915–85), рос. физик-теоретик 2/148
- Лобри де Брюйн Корнелиус Адриан (Lobry de Bruyn Cornelius Adriann) (1857–1904), нидерл. химик-органик 2/1211
- Ловиц Товий Егорович (Иоганн Тобнас) (1757–1804), рос. химик 2/860; 3/1174; 5/997
- Позовой Александр Васильевич (1906–76), рос. химик 5/52
- Локкен Эмиль Рене (Locquin Emile René) (1876–1965), франц. химик 1/457
- Локкер Джозеф Норман (Lockyer Josef Norman) (1836–1920), англ. астрофизик 1/1004
- Ломоносов Михаил Васильевич (1711–65), рос. ученый 1/33; 2/860; 3/96, 412, 457; 4/178, 184, 840, 1085; 5/51, 111, 176, 177, 483, 487, 508, 512
- Лонге-Хиггинс Хью (Longuet-Higgins Hugh) (р. 1923), англ. химик-теоретик 4/420
- Лондон Фриц (London Fritz) (1900–54), нем. физик-теоретик 2/722; 3/627; 5/461
- Лоран Огюст (Laurent August) (1807–53), франц. химик 1/350
- Лосев Иван Платонович (1878–1963), рос. химик 3/1122
- Лоссен Вильгельм (Lossen Wilhelm) (1838–1906), нем. химик-органик 2/1214
- Лоуренс Эрнест (Lawrence Ernest) (1901–58), амер. физик 2/1214
- Лоури Томас (Lowry Thomas) (1874–1936), англ. химик 2/778; 3/299
- Лосмидт Иозеф (Loschmidt Joseph) (1821–95), австр. физик 2/1214
- Лугиння Владимир Федорович (1834–1911), рос. физикохимик 4/1085; 5/509
- Лулли Раймунд (Lullius Raimond) (1236–1315), исп. теолог и философ 5/507
- Льюис Гилберт (Lewis Gilbert) (1875–1946), амер. физикохимик 1/127; 2/778, 1168; 3/787; 4/819; 5/33, 461, 466, 651
- Льюис Уильям (Lewis William) (1708–81), англ. химик и медик 4/1189
- Льюис Чарлтон Майнер (Lewis Charlton Miner) (р. 1905), амер. ученый 5/349
- Лэнгли Джон (Langley John) (1852–1925), амер. биохимик 4/517
- Лэнд Эдвин (Land Edwin) (р. 1909), амер. химик 5/326
- Любарский Василий Васильевич (1795–1852), рос. металлург 4/139
- Любимова Милана Николаевна (1898–1977), рос. биохимик 1/471, 558; 3/211
- Лями (Лами) Клод Огюст (Lamy Claude August) (1820–78), франц. химик 4/975

Майкельсон Альберт (Michelson Albert) (1852–1931), амер. физик 5/435
 Майтнер (Мейтнер) Лизе (Meitner Lise) (1878–1968), австр. физик и радиохимик 4/214, 318; 5/929, 937
 Макдональд Роналд (Macdonald Ronald) (р. 1904), амер. физикохимик 5/33
 Макензи (Мак-Кензи) Кеннет (Mackenzie Kennet) (р. 1912), амер. физик 1/398; 4/336
 Мак-Карти Р. (McCarthy R.), англ. физик 2/430
 Мак-Кензи А. (McKenzie A.) (1869–1951), амер. химик 1/388
 Мак-Клинток Барбара (McClintock Barbara) (1902–1993), амер. биолог 3/152, 212
 Мак-Куистен А. (McQuistan A.), англ. химик-технолог 5/207
 Мак-Лафферти Фред (McLafferti Fred) (р. 1923), амер. химик 2/1252
 Мак-Локлан Алан (McLauchlan Alan) (р. 1936), англ. физикохимик 2/430
 Мак-Льюис У. (McLewiss W.) 4/870
 Макмиллан Эдвин (McMillan Edwin) (р. 1907), амер. физикохимик 3/426, 1155; 4/336
 Максам Аллан (Maxam Allan), англ. биохимик 1/472
 Максвелл Джеймс (Maxwell James) (1831–79), англ. физик 2/207; 5/326
 Мак-Фаден Джеймс (McFadyen James) (р. 1908), канад. химик 2/1270
 Малапрад Леон (Malaprade Leon) (р. 1903), франц. химик 2/1271
 Малевинская Екатерина Федоровна, рос. химик-органик 4/536
 Малликен Роберт (Mulliken Robert) (1896–1986), амер. физикохимик 2/722
 Мамедалев Юсуф Гейдарович (1905–61), азерб. химик 5/485
 Мамрин Борис Александрович (р. 1919), рос. физик 2/1314
 Мандельштам Леонид Исаакович (1879–1944), рос. физик 2/867
 Маннассина Мария Михайловна (1843–1903), рос. биохимик 1/558
 Манних Карл (Mannich Carl) (1877–1947), нем. химик 2/1280; 4/529
 Марголис Лия Яковлевна (р. 1912), рос. физикохимик 4/137
 Марино Джозеф (Marino Joseph) (р. 1942), амер. химик 2/611
 Маринский Джейкоб (Marinsky Jacob) (р. 1918), амер. химик 4/193, 336
 Марньяк Жан (Maignac Jean) (1817–94), швейц. химик 1/876; 2/546; 5/937
 Мариотт Эдм (Mariotte Edme) (1620–84), франц. физик 1/573
 Марк Герман (Mark Herman) (1895–1992), амер. физикохимик 3/1266
 Марквальд Вильям (Marckwald William) (1864–?), нем. химик 1/388
 Марковников Владимир Васильевич (1837–1904), рос. химик 1/1025; 2/1294; 3/448, 786
 Маркус Рудольф Артур (Markus Rudolph Arthur) (р. 1923), амер. химик 3/258; 4/409; 5/338
 Маррак Джон (Marlack John) (1886–1976), англ. медик и биохимик 2/427
 Мартен Пьер (Martin Pierre) (1824–1915), франц. металлург 2/264
 Мартин Арчер (Martin Archer) (р. 1910), англ. биохимик и физикохимик 1/294, 559, 471, 920
 Марум ван М., см. Ван Марум М.
 Матесон Макс (Matheson Max) (р. 1913), амер. радиохимик 2/430
 Маттен Генрих (Matthaei Heinrich), англ. биохимик 1/1013; 3/212
 Медведцев Сергей Сергеевич (1891–1970), рос. физикохимик 1/861; 3/1266; 4/309
 Меервейн Ханс (Meerwein Hans) (1879–1965), нем. химик-органик 1/660; 2/699; 3/10, 11
 Мезел(ь)сон Метью Стенли (Meselson Matthew Stanley) (р. 1930), амер. физикохимик и биолог 2/1325; 4/499
 Мейер Виктор (Meyer Victor) (1848–97), нем. химик 3/33

Мейер Иоганн (Meyer Johann) (1886–1933), нем. химик 5/790, 791
 Мейер Курт (Meyer Kurt) (1883–1952), нем. химик 3/33
 Мейер Лотар (Meyer Lothar) (1830–95), нем. химик 3/413
 Мейсель Макс Николаевич (1900–87), рос. микробиолог и цитолог 5/770
 Мейстр Герберт (Meistr Herbert) (р. 1904), нем. химик 1/457
 Мейтнер Л., см. Майтнер Л.
 Мёлау Рихард (Möhlau Richard) (1857–1940), нем. химик 1/567
 Мелвилл Гарри (Melville Harry) (р. 1908), англ. физикохимик 4/165
 Меликшвили Петр Григорьевич (1850–1927), груз. химик-органик 5/486
 Мёллер (Маллер) Герман (Müller Hermann) (1890–1967), амер. генетик 3/293, 301
 Менделеев Дмитрий Иванович (1834–1907), рос. ученый 1/33, 466, 690, 838, 937, 1059; 2/789; 3/57, 413, 441, 448, 457, 955, 963; 4/136, 367, 712, 752; 5/51, 176, 467, 508, 923, 935, 936
 Мендель Грегор (Mendel Gregor) (1822–84), австр. естествоиспытатель 1/558
 Ментен Мод (Menten Maud) (1879–1960), амер. химик 1/558; 5/108
 Меншуткин Николай Александрович (1842–1907), рос. химик 1/294; 2/755; 3/61; 4/748
 Мержанов Александр Григорьевич (р. 1931), рос. физикохимик 4/575
 Мёрнер Карл (Mörner Carl) (1854–1917), нем. химик 5/768
 Меррифилд Роберт Брюс (Merrifield Robert Brus) (р. 1921), амер. биохимик 1/472; 3/929; 4/1001, 1002; 5/158
 Мёрфи Джордж (Murphy George) (р. 1919), амер. химик 5/33
 Мёсбауэр Рудольф (Mösbauer Rudolf) (р. 1929), нем. физик 3/68
 Миллон Эжен (Millon Eugene) (1812–67), франц. химик 3/163
 Мильштейн Сезар (Milstein Cesar) (р. 1927), аргент. биохимик 2/428
 Мислоу Курт (Mislow Kurt) (р. 1923), амер. химик 4/859
 Михаэлис Август (Michaelis August) (1847–1916), нем. химик-органик 3/180
 Михаэлис Леонор (Michaelis Leonor) (1875–1949), нем. химик и биохимик 1/558; 5/108, 152, 158
 Михаэль Артур (Michael Arthur) (1853–1942), амер. химик-органик 2/733; 3/181, 786
 Михель Хартмут (Michel Hartmut) (р. 1948), нем. биофизик 5/350
 Михлер Вильгельм (Michler Wilhelm) (1846–89), нем. химик 3/181
 Мицунобу О. (Mitsunobu O.) 3/187
 Митчелл (Митчерлих) Эильхард (Mitscherlich Eilhard) (1794–1863), нем. химик 1/90, 513; 2/371, 1063; 3/531; 4/24; 5/152
 Мишер Карл (Miescher Carl) (1892–1974), нем. химик 1/457
 Мишер Фридрих (Miescher Friedrich) (1844–95), швейц. врач 1/558; 3/593
 Миджоян Арменак Леонович (1904–70), арм. химик-органик 5/485
 Мозли Генри (Moseley Henry) (1887–1915), англ. физик 3/413, 955
 Монабланова В. В., рос. физикохимик 5/847
 Моно Жак (Monod Jacques) (1910–76), франц. биохимик 3/212; 4/1231
 Мор Карл (Mohr Carl) (1806–79), нем. химик 4/394
 Морачевский Алексей Георгиевич (р. 1923), рос. физикохимик 2/899
 Морган Леон (Morgan Leon) (р. 1919), амер. химик 1/228
 Морокума Кейдзун (Morokuma Keiji) (р. 1934), амер. физикохимик 3/225
 Мосандер Карл (Mosander Carl) (1797–1858), швед. химик 2/548, 1146; 4/1055; 5/937, 938, 966
 Моффатт Джон (Moffatt John) (р. 1930), амер. химик-органик 4/277
 Муассан Анри (Moissan Henri) (1852–1907), франц. химик 5/389, 515

Мукайяма Т. (Mukaiyama T.), япон. химик 3/285
 Мульдер Геррит Ян (Mulder Gerrit Jan) (1802–80), нидерл. химик и врач 1/471
 Мур Доналд (Moore Donald) (р. 1933), амер. химик 5/158, 817
 Мур Стэнфорд (Moore Stanford) (1913–82), амер. биохимик 1/471, 472; 5/158
 Мусин-Пушкин Аполлос Аполлосович (1760–1805), рос. химик и минералог 3/1134
 Мысовский Лев Владимирович (1888–1939), рос. физик 2/370
 Мюоттертз Эрл (Muetterties Earl) (р. 1927), амер. химик-неорганик 4/47
 Мюллер И. (Müller I.), нем. химик 3/133
 Мюллер Карл Алекс (Müller Karl Alex) (р. 1927), швейц. физик 3/415; 4/587
 Мюллер фон Рейхенштейн Ференц (Müller von Reichenstein Ferenz) (1740–1825), венг. инженер и химик-минералог 4/1021; 5/938

Н

Надсен (Надсон) Георгий Адамович (1867–1940), рос. биохимик 3/293, 301
 Надь Гейзо (Nagy Geiso) (р. 1927), венг. физикохимик 4/246
 Назаров Иван Николаевич (1906–57), рос. химик-органик 1/552; 3/324
 Найхольм Роналд (Nyholm Ronald) (1917–71), англ. химик-неорганик 1/1117
 Налбандян Арам Багратович (1908–87), арм. физикохимик 2/756; 5/692
 Наметкин Сергей Семенович (1876–1950), рос. химик-органик 2/600; 3/448
 Напиральский Б. (Napieralski B.), нем. химик 1/568
 Настюков Александр Михайлович (1868–1941), рос. химик 3/1122
 Натансон Якуб (Natanson Jakob) (1832–84), польск. химик 2/976
 Натта Джулио (Natta Giulio) (1903–79), итал. химик 2/665, 922; 3/1216; 4/31
 Неддермейер Сет (Neddermeyer Seth) (р. 1907), амер. физик 5/932
 Неель Луи (Neel Loui) (р. 1904), франц. физик 1/341; 2/1111; 5/163
 Нейберг К., см. Нойберг К.
 Ненипеску Костян (Nenitescu Costin) (1902–70), рум. химик-органик 3/408, 409
 Нернст Вальтер (Nernst Walther) (1864–1941), нем. физикохимик 3/431; 4/1034; 5/178, 466, 467, 484, 509, 682, 922
 Несмеянов Александр Николаевич (1899–1980), рос. химик-органик 2/888; 3/432, 787; 5/485
 Несмеянов Андрей Николаевич (1911–83), рос. радиохимик 4/336
 Несслер Юлиус (Nessler Julius) (1827–1905), нем. химик 3/433
 Неф Джон (Nef John) (1862–1915), амер. химик-органик 3/439
 Нефедов Владимир Дмитриевич (р. 1914), рос. радиохимик 4/336
 Нибелус А. (Nibelius A.) (1900–?), амер. химик-технолог 5/207
 Ниецки Рудольф (Nietzki Rudolf) (1847–1917), польск. химик-органик 5/651
 Николь(ь)сон Уильям (Nicholson William) (1753–1815), англ. физикохимик 5/922
 Нильсон Ларс (Nilson Lars) (1840–99), швед. химик 3/413; 4/712; 5/937
 Нир Альфред (Neer Alfred) (1905–94), амер. физикохимик 2/1308, 1309
 Ниренберг Маршалл (Nirenberg Marshall) (р. 1927), амер. биохимик 1/1013; 3/211
 Ниренштайн Максимилиан (Nierenstein Maximilian) (1878–1946), англ. химик 3/499
 Нобель Альфред (Nobel Alfred) (1833–96), швед. промышленник 1/453; 2/126; 3/532; 4/136
 Ноддак Вальтер (Noddack Walter) (1893–1960), нем. физикохимик 4/467; 5/937
 Ноддак-Такке Ида (Noddack-Takke Ida) (1896–1978), нем. физикохимик 4/467; 5/937

Нойберг Карл (Neuberg Carl) (1877–1956), нем. химик 1/557, 1111
 Нокс Лоуренс (Knox Lawrence) (р. 1907), амер. химик-органик 5/21
 Норриш Роналд (Norrish Ronald) (1897–1978), англ. физикохимик 2/431
 Нортроп Джон (Northrop John) (1891–1987), амер. биохимик 1/471, 558; 5/158
 Нота Г. (Knota G.) 2/611
 Ньюланд Джулиус Артур (Newland Julius Arthur) (1878–1936), амер. химик 1/860
 Ньюмен Мелани (Newman Melvin) (р. 1908), амер. химик-органик 3/606, 607
 Ньютон Исаак (Newton Isaac) (1643–1727), англ. ученый 3/1180; 5/507

О

Овербек Ян (Overbeek Jan) (р. 1911), нидерл. физикохимик 5/851
 Овчаренко Федор Данилович (р. 1913), укр. химик 2/1184
 Отанесян Юрий Солакович (р. 1933), рос. физик-аперщик 5/929
 Оже Пьер (Auger Piere) (1899–1993), франц. физик 3/655
 Олдер Берни (Alder Berni) (р. 1925), амер. физикохимик 3/214
 Олифант Маркус (Olifant Markus) (р. 1901), австрал. физик 5/5
 Онсагер Ларс (Onsager Lars) (1903–76), амер. физик и физикохимик 4/748, 1068; 5/923
 Оппеншоу Х. (Oppenshow H.), англ. химик 4/1192
 Оппенгауэр Руперт (Oppenauer Rupert) (р. 1910), нем. химик-органик 3/768
 Орехов Александр Павлович (1881–1939), рос. химик-органик 3/786
 Орошник Уильям (Oroshnik William) (р. 1914), амер. химик-органик 4/511
 Ортолева Джованни (Ortoleva Giovanni) (1868–1939), итал. химик-органик 3/814
 Ортон Кеннеди (Orton Kennedy) (1872–1930), канад. химик 3/815
 Осен (Озеен) Карл Вильгельм (Oseen Carl Wilhelm) (1879–?), швед. физик 3/773
 Осмонд Флорис (Osmond Floris) (1849–1912), франц. инженер-металлург 5/176
 Оствальд Вильгельм (Ostwald Wilhelm) (1853–1932), нем. физикохимик 1/293, 840; 3/413; 4/1189; 5/177, 178, 484, 508
 Остроумский Иван Иванович (1880–1939), рос. химик 5/176
 Оуэнс Р. (Owens R.), англ. химик 5/937
 Очоа Северо (Ochoa Severo) (1905–93), амер. биохимик 1/1013; 3/212

П

Пааль Карл (Paal Carl) (1860–1935), нем. химик 3/871
 Павлов Иван Петрович (1849–1936), рос. физиолог 1/558
 Павлов Михаил Григорьевич (1793–1840), рос. философ, физик, агробиолог 1/33
 Пайсен Ансельм (Payen Anselme) (1795–1871), франц. химик 5/158
 Палатник Лев Самойлович (1909–94), укр. физик 5/99
 Палисс Бернар (Palissy Bernard) (1510–89), франц. естествоиспытатель 1/33
 Паллади Александр Владимирович (1885–1972), рос. биохимик 5/486
 Панет Фридрих (Paneth Friedrich) (1887–1958), нем. химик 2/385; 4/304
 Папок Константин Карлович (1908–77), рос. химик-технолог 5/517
 Паппенгейм И. (Papenheim I.) 5/158
 Парацельс Теофраст (Paracelsus Theophrastus) (1493–1541), нем. врач и естествоиспытатель 3/412; 5/111, 507
 Парк Джозеф (Park Joseph) (р. 1906), амер. химик 3/724
 Парлоу В. (Parlow W.) 2/1063

Парр Роберт (Parf Robert) (р. 1921), амер. физикохимик 4/420
 Паскаль Блез (Pascal Blez) (1623–62), франц. математик, физик, философ 2/613
 Пассерини Марио (Passerini Mario) (1891–?), итал. химик-органик 3/887
 Пастер Луи (Pasteur Louis) (1822–95), франц. химик и микробиолог 1/554, 558; 4/858; 5/158, 952
 Патерно Эмануэле (Paterno Emanuele) (1847–1935), итал. химик и политик 3/892
 Патчорник Аарон (Patchornik Aaron), израил. биохимик 4/1002
 Паули Вольфганг (Pauli Wolfgang) (1900–58), швейц. физик-теоретик 2/719, 1314; 3/892; 4/787; 5/932
 Паулик Й. (Paulik J.), венг. химик 2/36
 Паулик Ф. (Paulik F.), венг. химик 2/36
 Пауэлл Джордж (Powell George) (р. 1910), амер. химик 2/799
 Пауэлл Сесил (Powell Sesil) (1903–69), англ. физик 5/932
 Пеан де Сен Жиль Леон (Peau de Saint Gilles Leon) (1832–63), франц. химик 2/755
 Педерсен Чарльз (Pedersen Charles) (1904–89), амер. химик 3/787
 Пекар Соломон Исаакович (р. 1917), рос. физик-теоретик 4/409
 Пелиго Эжен (Peligot Eugene) (1811–90), франц. химик-органик 1/531; 3/120; 5/78
 Пельтье Пьер Жозеф (Pelleitier Pierre Joseph) (1788–1842), франц. химик 4/1202; 5/349
 Перей Маргарит (Perey Margaret) (1909–75), франц. радиохимик 5/366
 Перкин Уильям (старший) (Perkin William senior) (1838–1907), англ. химик 2/976; 3/192, 785, 786, 966; 5/509
 Перкин Уильям (младший) (Perkin William junior) (1869–1929), англ. химик-органик 3/1226
 Перков В. (Perkoff W.), нем. химик 3/967
 Перлмен Исидор (Perlman Isadore) (р. 1915), амер. радиохимик 2/1112
 Перрен Жан (Perrin Jean) (1870–1942), франц. физик и физикохимик 2/860, 1183
 Перрен Эдвард (Perrin Edward) (1900–78), англ. химик-органик 2/812
 Перселл Эдвард (Purcell Edward) (р. 1912), амер. физик 5/1030
 Персо Жан (Persoz Jean) (1805–68), франц. химик и биохимик 5/158
 Перути (Перуц) Макс (Perutz Max) (р. 1914), англ. биохимик 1/471
 Перье (Перрье) Карл (Perrier Carl) (1886–1948), итал. химик 4/336, 1113
 Песков Николай Петрович (1880–1940), рос. физикохимик 2/860
 Петерсон Джозеф (Peterson Joseph) (р. 1942), амер. физикохимик 1/542
 Петнод Уильям (Petnod William) (р. 1903), амер. химик-технолог 2/1014
 Петржак Константин Антонович (р. 1910), рос. радиохимик 4/318; 5/1017
 Петрий Олег Александрович (р. 1937), рос. физикохимик 5/846
 Петров Георгий Семенович (1886–1957), рос. химик-технолог 3/1122
 Петрянов-Соколов Игорь Васильевич (1907–96), рос. физикохимик 1/466
 Пехман Ганс фон (von Pechmann Hans) (1850–1902), нем. химик 2/71
 Пикте Аме (Picet Ame) (1857–1937), швейц. химик-органик 1/874; 3/1023
 Пилоти Оскар (Piloty Oskar) (1866–1915), нем. химик-органик 4/304
 Пиментел Джордж (Pimentel George) (р. 1922), амер. химик 2/1034
 Пиннер Адольф (Pinner Adolf) (1842–1909), нем. химик 3/1029
 Пирсон Ральф (Pearson Ralph) (р. 1919), амер. химик 2/282
 Пирсон Уильям (Pearson William), канад. химик 2/481
 Писаржевский Лев Владимирович (1874–1938), рос. химик 5/486

Питцер Кеннет (Pitzer Kennet) (р. 1914), амер. химик 3/331
 Пишмука (Пишешука) Петр Семенович (1879–1965), белорус. химик-органик 3/1091
 Планк Макс (Planck Max) (1858–1947), нем. физик 2/717; 3/1113; 4/1035; 5/484
 Плате Гастон (Plante Gaston) (1834–89), франц. физик 1/110
 Плато Жозеф (Plateau Joseph) (1801–83), бельг. физик 3/1174
 Плиний Старший (Plinius Maior) (23–79), рим. писатель и ученый 5/490
 Поваренных Александр Сергеевич (1915–86), укр. ученый 4/1004
 Поляни Джон (Polanyi John) (р. 1929), канад. химик 3/240
 Полинг (Паулинг) Лайнус (Pauling Linus) (1901–92), амер. физик и химик 1/411, 471, 552, 559, 1067; 2/480, 722, 1064; 3/413, 787; 4/674; 5/461, 474, 515, 896
 Поллак Герман (Pollak Hermann) (1884–1914), нем. химик 3/1122
 Полоновский Макс (Polonovski Max) (1861–1939), франц. химик 4/100
 Поляни (Поляни) Майкл (Polanyi Michael) (1891–1976), англ. физикохимик 1/58, 121; 2/692, 756; 4/870; 5/474
 Понндорф Вольфганг (Ponndorf Wolfgang) (1894–?), нем. химик 3/111, 768
 Попов Александр Никитович (1840–81), рос. химик-органик 4/129
 Порай-Кошниц Александр Евгеньевич (1877–1949), рос. химик 2/976
 Порат Ерке (Porath Jerker) (р. 1921), швед. химик и биохимик 5/817
 Портер Джордж (Porter George) (р. 1920), англ. физикохимик 2/431, 1034
 Портер Родни (Porter Rodney) (1917–95), англ. иммунолог и биохимик 2/428
 Посон Питер (Pauson Peter) (р. 1925), англ. химик-органик 3/92; 5/166
 Потонье Генри (Potonie Henry) (1857–1913), нем. палеоботаник и геолог 3/457; 5/51
 Потт Иоганн Генрих (Pott Johann Heinrich) (1692–1777), нем. химик 1/736
 Прауснитц Джордж (Prausnitz George) (р. 1928), амер. физикохимик и технолог 5/72
 Праут Уильям (Prout William) (1785–1850), англ. химик и врач 3/281
 Прево Шарль (Prevost Charles) (1866–1939), франц. химик 4/158
 Прегль Фриц (Pregl Fritz) (1869–1930), австр. химик 1/293; 3/786, 795; 4/159
 Прелог Владимир (Prelog Vladimir) (р. 1906), швейц. химик-органик 1/35, 391, 552; 3/1037; 4/859
 Преображенский Николай Алексеевич (1896–1968), рос. химик-органик 1/552
 Пригожин Илья Романович (Prigogine Ilija) (р. 1917), бельг. физик и физикохимик 4/574, 1068, 1069; 5/466
 Прилежаев Николай Александрович (1877–1944), рос. химик-органик 4/169
 Принс Хендрик (Prins Hendrick) (1899–1958), нидерл. химик-органик 4/171
 Пристли Джозеф (Priestley Joseph) (1733–1804), англ. химик и философ 1/33, 277, 558; 2/769; 5/349, 508
 Пруит Малькольм (Pruitt Malcolm) (р. 1915), амер. химик-органик 4/31
 Пруст Жозеф (Proust Joseph) (1754–1826), франц. химик 3/413; 5/508, 515
 Прадунов Федор Савельевич (1674–1753), рос. промышленник 2/166
 Прянишников Дмитрий Николаевич (1865–1948), рос. агрохимик, биохимик и физиолог 1/33
 Пти Алексис (Petit Alexis) (1791–1820), франц. физик 3/413
 Пуассон Симеон (Poisson Simeon) (1781–1840), франц. физик и математик 3/1172
 Пуммерер Рудольф (Pummerer Rudolf) (1882–1973), нем. химик 4/273
 Пунгор Эрне (Pungor Ernő) (р. 1923), венг. химик-аналитик 4/246

Пуркин Ян (Purkiné Jan) (1787–1869), чеш. химик и физиолог 5/158
 Пфенингер Ф. (Pfenninger F.), нем. химик 5/791
 Пфизнер К. (Pfizner K.) 4/277
 Пшорр Роберт (Pschott Robert) (1868–1930), нем. химик-органик 4/279

Р

Радзишевский Бронислав (Radziszewski Bronislaw) (1838–1914), польск. химик 4/288
 Радушкевич Леонид Викторович (1901–72), рос. химик 1/58
 Разуваев Григорий Алексеевич (1895–1989), рос. химик 3/787
 Раймер Карл (Reimer Carl) (1856–1921), нем. химик-технолог 4/341
 Райнес (Рейнес) Фредерик (Raynes Frederick) (р. 1918), амер. физик 5/932
 Райс Оскар Кнефлер (Rice Oscar Knefler) (р. 1903), амер. химик 3/258
 Райссерт Арнольд (Reissert Arnold) (1860–1945), нем. химик-органик 4/342
 Райт Роберт Гамильтон (Write Robert Hamilton) (р. 1906), амер. химик-органик 2/238
 Раман Чандрасекара (Raman Chandrasekhara) (1888–1970), инд. физик 2/867
 Рамберг Людвиг (Ramberg Ludwig) (1874–1940), швед. химик-органик 4/344
 Рамзай Уильям (Ramsay William) (1852–1916), англ. физик и химик 1/364, 1004; 2/1038, 1089; 3/411, 413; 5/937
 Рант Зоран (Rant Zoran) (р. 1910), югосл. ученый 5/804
 Рассел А. (Russel A.), англ. химик 5/331
 Рауль Франсуа (Raoult Francois) (1830–1901), франц. физик и химик 2/1033; 4/388; 5/178
 Рашиг Фридрих (Raschig Friedrich) (1863–1928), нем. химик-технолог 4/392, 393
 Ребиндер Петр Александрович (1898–1972), рос. химик 2/155, 860, 1184; 3/1172, 1174; 4/137, 730; 5/171
 Резерфорд Даниел (Rutherford Daniel) (1749–1819), англ. химик, ботаник и врач 1/94; 5/937
 Резерфорд Эрнест (Rutherford Ernest) (1871–1937), англ. физик 3/413, 773, 955; 4/318, 339; 5/5, 929, 932, 1017
 Рей Жан (Ray Jean) (1583–1645), франц. химик 5/508
 Рейнер Маркус (Reiner Markus) (1886–?), израил. физикохимик 2/112
 Рейнтцер Фридрих (Reinitzer Friedrich) (1857–1927), нем. химик 2/289
 Рейнольдс Осборн (Reynolds Osborn) (1842–1912), англ. физик и инженер 2/112
 Рейсс Фердинанд Фридрих (Федор Федорович) (1778–1852), рос. врач и химик 2/860; 5/850
 Рейх (Райх) Фердинанд (Reich Ferdinand) (1799–1882), нем. химик 2/445; 5/937
 Рем Д. (Rem D.) 5/339
 Реншоу Раймер (Renschaw Raemer) (1880–1938), амер. химик-органик 3/1249
 Реппе Вальтер (Reppe Walter) (1892–1969), нем. химик-органик 2/640; 3/1226, 1230; 4/501
 Реформатский Сергей Николаевич (1860–1934), рос. химик-органик 4/513
 Рио Андрес Мануэль дель (del Rio Andres Manuel) (1764–1849), мекс. химик и минералог 1/675
 Риттер Джон (Ritter John) (1895–?), амер. химик-органик 4/526
 Ритхаузен Генрих (Ritthausen Heinrich) (1826–1912), нем. химик 1/394
 Ритц М. (Ritz M.), амер. химик 4/665
 Рихтер Иеремия Вениамин (Richter Jeremias Benjamin) (1762–1807), нем. химик 4/866
 Рихтер Теодор Иероним (Richter Hieronymus Theodor) (1824–75), нем. химик 2/445; 5/937
 Робертс-Остен Уильям (Roberts-Austen William) (1830–99), англ. металлург 4/1058; 5/176
 Робинсон Иван Максвелл (Robinson Ivan Maxwell) (р. 1920), амер. химик-органик 3/1218

Робинсон Роберт (Robinson Robert) (1886–1975), англ. химик-органик 1/471; 3/29, 786, 788; 4/529, 530
 Роднонов Владимир Михайлович (1878–1954), рос. химик 2/976; 4/536
 Розе Генрих (Rose Heinrich) (1795–1864), нем. химик 1/293; 3/493
 Роозеboom Хендрик Виллем Баххёйс (Roozeboom Hendrik Willem Bakhuis) (1854–1907), нидерл. физикохимик 5/99
 Розенмунд Карл (Rosenmund Carl) (1884–1965), нем. химик-органик 4/539
 Розес, см. Абу-ар-Рази
 Рорер Генрих (Rohrer Heinrich) (р. 1933), швейц. физик 5/874
 Роско Генри (Roscoe Henry) (1833–1915), англ. химик 5/357
 Росс Джозеф (Ross Joseph) (р. 1925), амер. химик 3/965
 Роутон Фрэнсис (Roughton Francis) (1899–1972), англ. физикохимик 4/881
 Рубен Самуэль (Ruben Samuel) (1913–43), амер. физикохимик 5/349
 Ружичка Леопольд (Ružička Leopold) (1887–1976), швейц. химик-органик 1/685; 3/786
 Ружичка Яромир (Ružička Jaromir) (р. 1933), чеш. химик 2/383; 4/246
 Рунге Фридрих (Runge Friedlieb) (1794–1867), нем. химик 1/306; 3/1080
 Рупе Ганс (Rupe Hans) (1866–1951), швейц. химик 4/562
 Русанов Анатолий Иванович (р. 1932), рос. физико-химик 2/1184
 Русинов Лев Ильич (1907–60), рос. физик 2/370
 Руска Эрнст (Ruska Ernst) (1906–88), нем. физик 5/874
 Рух Эрнст (Ruch Ernst) (р. 1918), нем. математик 4/859
 Руэль Гийом (Rouelle Guillaume) (1703–70), франц. химик 1/558; 3/281
 Рэкер Эфраим (Racker Efraim) (р. 1913), амер. биохимик 3/921
 Рэлей (Стрэтт) Джон Уильям (Rayleigh (Strutt) John William) (1842–1919), англ. физик 2/860; 3/1174, 1180; 5/937
 Рябушинский М. 3/1180

С

Сабатье Поль (Sabatier Paul) (1854–1941), франц. химик-органик 1/1059; 2/664
 Сабо Наран (Szabo Narai), венг. химик 4/674
 Сагитуллин Рева Сафарович (р. 1931), рос. химик-органик 2/964
 Сазерленд Эрл (Sutherland Erl) (1915–74), амер. биохимик и фармаколог 1/40
 Сакс Юлиус (Sachs Julius) (1832–97), нем. ботаник 1/33; 5/349
 Самнер Джеймс Бетчеллер (Sumner James Betcheller) (1887–1955), амер. биохимик 1/471, 558; 5/158
 Сапожников Леонид Михайлович (1906–70), рос. химик 5/52
 Сахаров Владимир Владимирович (1902–69), рос. генетик 3/293
 Сведберг Теодор (Svedberg Theodore) (1884–1971), швед. физикохимик 1/471, 559; 2/860; 5/678
 Себба Ф. (Sebba F.), южноафрик. химик 5/206
 Севергин Василий Михайлович (1765–1826), рос. минералог и химик 4/394; 5/467, 490
 Сегнер Янош (Segner János) (1704–77), венг. математик и физик 3/1171, 1174
 Сегре Эмилио (Segre Emilio) (1905–89), амер. физик и физикохимик 1/398; 4/336, 1113
 Седов Леонид Иванович (р. 1907), рос. механик 3/1180
 Сейдерс Роберт (Seyders Robert) (р. 1922), амер. химик-органик 3/965
 Сельми Франческо (Selmi Francesco) (1817–81), итал. физикохимик 2/860
 Семенов Николай Николаевич (1896–1986), рос. физик и химик 1/466; 2/692, 756, 1035; 5/474, 485, 684, 686, 690

Сенгер Фредерик (Sanger Frederick) (р. 1918), англ. биохимик 1/471, 472, 552, 559
 Сенебье Жан (Senebier Jean) (1742–1809), швейц. ботаник 1/33; 5/349
 Сент-Дьердь Альберт (Sent-György Albert) (1893–1986), амер. химик 1/559; 3/225
 Сёренсен Сёрен (Sørensen Sören) (1868–1939), дат. физикохимик и биохимик 1/252
 Сеттерберг (Заттерберг) К. (Setterberg C.), швед. химик 5/657
 Сефстрём Нильс (Sefstroöm Nils) (1787–1845), швед. химик и минералог 1/675; 5/937
 Сиборг Глени (Seaborg Glenn) (р. 1912), амер. физик и химик 1/131, 228, 541; 2/565, 1112; 3/57, 414, 1155; 4/336; 5/928
 Симмонс Ховард (Simmons Howard) (р. 1929), амер. химик-органик 4/694
 Синг Ричард (Syngue Richard) (р. 1914), англ. биохимик 1/294, 471, 920
 Скаков Юрий Александрович (р. 1925), рос. физикохимик 2/484
 Скита Аладар (Skita Aladar) (1876–1953), нем. химик-органик 1/416
 Складовская-Кюри Мария (Skłodowska-Curie Marie) (1867–1934), франц. физик и химик 2/1111; 3/413; 4/99, 300, 318, 335; 5/484, 947, 1017
 Склэр Михаил Григорьевич (р. 1930), укр. химик 5/52
 Скот-Арчер Ф. (Scott-Archer F.) (1931–92), англ. химик 5/330
 Скрауп Зденко (Skraup Zdenko) (1850–1910), австр. химик 4/720
 Слейтер (Слэтер) Джон (Slater John) (1900–76), амер. физик-теоретик 2/722; 5/474
 Смайлс Самуэль (Smiles Samuel) (1871–1953), англ. химик 4/729
 Смит Дж. (Smidt J.) 4/738
 Смирнов Борис Михайлович (р. 1938), рос. химик 2/505
 Смирнова Наталья Александровна (р. 1933), рос. физикохимик 5/72
 Смит Роналд (Smith Ronald) (р. 1930), амер. химик-органик 4/694
 Смолучовский Мариан (Smoluchowski Marian) (1872–1917), польск. физик 2/860; 5/850
 Соболевский Петр Григорьевич (1782–1841), рос. инженер и ученый 4/139
 Соболевский Леонид Захарович (1900–91), рос. химик 3/672
 Соберо Асканио (Sobrero Ascanio) (1812–88), итал. химик-органик 3/532
 Соваж Жан-Пьер (Sovage Jean-Pierre) (р. 1940), франц. химик 4/1215
 Содди Фредерик (Soddy Frederick) (1877–1956), англ. радиохимик 4/214, 318; 5/937
 Соколов Владимир Дмитриевич (1855–1917), рос. геолог 3/457
 Соколов Николай Николаевич (1826–77), рос. химик 5/477
 Соловьев Владимир Николаевич (р. 1921), рос. фармаколог 5/108
 Солонина В. А., рос. химик 1/980
 Сольве Эрнст (Solvay Ernst) (1838–1922), бельг. химик-технолог 5/467
 Соммерс(с) Генри (Summer(s) Henry) (р. 1914), амер. физик 2/1314
 Соммеле Марсель (Sommelet Marsel) (1877–1952), франц. химик-органик 4/760
 Сорби Генри Клифтон (Sorby Henry Clifton) (1826–1908), англ. ученый 5/176
 Сосин Сергей Львович (1914–84), рос. ученый 4/32
 Соссюр Никола (Saussure Nicolas) (1767–1845), швейц. агрохимик 1/33; 5/349
 Спалланцани Ладзаро (Spallanzani Lazzaro) (1729–99), итал. биолог 1/558
 Спигелмен Сол (Spigelman Sol) (р. 1914), амер. микробиолог 2/1325
 Спири Александр Сергеевич (р. 1931), рос. биохимик 2/1325; 3/211, 594
 Стадлер Леон (Stadler Leon) (1881–1951), нем. химик и биохимик 3/301
 Стадинов Георгий Леонтьевич (1880–1973), рос. углехимик 2/331; 5/51

Стайн (Стейн) Уильям (Stain William) (1911–80), амер. биохимик 1/471, 472; 5/158
 Сталь Франклин (Stahl Franklin) (р. 1929), амер. генетик 4/499
 Старик Иосиф Евсеевич (1902–64), рос. радиохимик 2/383
 Старлинг Эрнст (Starling Ernst) (1866–1927), англ. физиолог 4/609
 Стары Иржи (Stary Jiří) (1933–91), чеш. химик, 2/383
 Стаханов И. П., рос. химик 2/505
 Стейн, см. Стайн
 Стёкли Фриц (Stoeckli Fritz) (р. 1940), швейц. физик 1/59
 Стефен Генри (Stephen Henry) (1889–1965), англ. химик-органик 4/866
 Стивенс Одри (Stevens Audrey) (р. 1932), амер. биохимик 4/1231
 Стивенс Томас (Stevens Thomas) (р. 1900), англ. химик-органик 2/1270; 4/867
 Сторк (Шторк) Гилберт (Stork Gilbert) (р. 1921), амер. химик-органик 4/873
 Страбон (64 до н.э. – 24 н.э.), др.-греч. ученый 5/750
 Стрит К. (Street K.), амер. радиохимик 2/565
 Сторонкин Алексей Васильевич (1915–93), рос. физикохимик 2/899
 Стюарт Джордж (Георг) (Stuart George) (1896–1968), англ. физик 3/228
 Стюарт Кент (Stewart Kent) (р. 1934), амер. химик 4/246
 Судзуки Н. (Sudzuki N.) (р. 1932), япон. ученый 2/383
 Сунда Вильгельм (Suida Wilhelm) (1853–1922), австр. химик-органик 3/127
 Схрейнемакерс Францискус (Schreinemakers Francisus) (1864–1945), нидерл. физикохимик 4/357

Т

Такке И., см. Нолдак-Такке Ида
 Тальрозе Виктор Львович (р. 1922), рос. физикохимик 2/509
 Тамман Густав (Tammann Gustav) (1861–1938), нем. химик 5/515
 Тананаев Николай Александрович (1878–1959), рос. химик-аналитик 1/294, 543
 Тандберг Д. (Tandberg D.), швед. физиолог 5/108
 Тассер Б. М. 2/934
 Татищева Василий Никитич (1686–1750), рос. историк и гос. деятель 4/178
 Тафель Юлиус (Tafel Julius) (1862–1918), нем. физикохимик 4/993; 5/923
 Тейлор Гью (Хью) (Taylor Hugh) (1890–1974), англ. физикохимик 1/1059
 Тейлор Эллисон (Taylor Ellison) (р. 1913), амер. физикохимик 3/240
 Тейс Р. В., рос. биохимик 5/349
 Теллер Эдвард (Teller Edward) (р. 1908), амер. физик 1/57; 5/1056
 Тельдешин Юрай (Teldeshe Juraj) (р. 1933), чеш. физикохимик 2/383
 Темин Ховард (Temin Howard) (р. 1934), амер. вирусолог 3/211; 4/1231
 Тенар Луи (Thenard Louis) (1777–1857), франц. химик 1/471, 576, 780; 5/554, 937
 Теннант Смитсон (Tennant Smithson) (1761–1815), англ. химик 2/537; 3/825, 1134; 5/937
 Теорель Аксель Хуго Теодор (Theorell Axel Hugo Theodor) (р. 1903), швед. биохимик и физиолог 5/108
 Теренин Александр Николаевич (1896–1967), рос. физикохимик 2/1220; 5/357
 Тер-Мейлен Т. (Ter-Meilen T.), нем. химик 4/1056
 Тернер Н. К. (Turner N. K.) 5/627
 Террелл Росс (Terrell Ross) (р. 1925), амер. химик-органик 4/873
 Тизелиус Арне (Tiselius Arne) (1902–71), швед. химик 1/559
 Тил(ь)ден Уильям (Tilden William) (1842–1926), англ. химик-органик 1/860
 Тиле Фридрих Карл Иоганн (Thiele Friedrich Karl Johannes) (1865–1918), нем. химик 4/1125; 5/725

Тиман Фердинанд (Tiemann Ferdinand) (1848–99), нем. химик 4/341
 Тимирязев Климент Аркадьевич (1843–1920), рос. ученый 1/33; 5/349
 Тимошенко Семен Константинович (1895–1970), рос. военачальник 5/487
 Тиселиус А., см. Тизелиус А.
 Титов Николай Георгиевич (1897–1989), рос. угле-химик 5/52
 Тиффено Марк (Tiffeneau Marc) (1873–1945), франц. химик и фармацевт 3/1025; 4/1191
 Тищенко Вячеслав Евгеньевич (1861–1941), рос. химик-органик 4/1192
 Тодд Александр (Todd Alexander) (1907–97), англ. химик-органик 1/552; 3/593, 787; 4/1192
 Толлеис Бернхард (Tollens Bernhard) (1841–1918), нем. химик-органик 4/1108
 Томас Гарольд (Thomas Harold) (р. 1911), амер. физик 2/1314
 Томас Роберт Мелвин (Thomas Robert Melvin) (р. 1916), амер. химик-органик 2/699
 Томпсон Стэнли (Thompson Stanley) (1912–76), амер. физик 1/541; 2/565; 5/160
 Томсен Ханс (Thomsen Hans) (1826–1909), дат. химик 4/1085
 Томсон Джозеф (Thomson Joseph) (1856–1940), англ. физик 2/1308; 5/868, 932
 Томсон (Кельвин) Уильям (Thomson (Kelvin) William) (1824–1907), англ. физик 1/840; 3/1174
 Тонегава Сузуми (Tonegawa Sudzumi) (р. 1939), япон. иммунолог 2/428
 Тонкс Левин (Tonks Lewi) (1897–1971), амер. физик 3/1095
 Топчиев Александр Васильевич (1907–62), рос. химик 5/485
 Торп Джоселин (Thorpe Jocelyn) (1872–1940), англ. химик 4/1222
 Торп Уильям (Thorpe William) (р. 1902), англ. химик 5/108
 Траверс Моррис (Travers Morris) (1872–1961), англ. химик 2/1038, 1089; 3/411; 5/937
 Тропш Ганс (Tropsch Hans) (1889–1935), нем. химик 5/199
 Туркельтауб Нусин Моталевич (1915–65), рос. химик-аналитик 5/627
 Тьюринг Матисон (Turing Mathison) (р. 1936), англ. математик 4/574

У

Уайт К. (White K.), англ. химик и физиолог 5/108
 Уги Ивар (Ugi Iwar) (р. 1930), нем. химик-органик 4/859; 5/36
 Уилкинс Морис (Wilkins Morris) (р. 1916), англ. биофизик 3/593
 Уилкинсон Джеффри (Wilkinson Jeffrey) (р. 1921), англ. химик-органик 3/92, 787; 5/166
 Уилкок Доналд (Wilcock Donald) (р. 1913), амер. химик-технолог 2/1014
 Уинтер Роланд (Winter Roland) (р. 1935), амер. химик 2/935
 Уитмор Фрэнк (Whitmore Frank) (1887–1947), амер. химик 1/860; 2/699
 Уленбек Джордж (Uhlenbeck George) (р. 1900), амер. физик-теоретик 4/787
 Уллоа Антонио де (de Ulloa Antonio), исп. химик 5/937
 Ульман Фриц (Ullmann Fritz) (1875–1939), швейц. химик-органик 5/59
 Унтерзаухер Иозеф (Unterzaucher Josef) (р. 1901), австр. химик 5/68
 Унфердорбен Отто (Unferdorben Otto) (1806–73), нем. химик 1/306
 Уокер Джеймс (Walker James) (1867–1933), англ. химик-органик 1/606
 Уоллан Эрнст (Wollan Ernst) (1902–84), амер. физик 3/404
 Уолмен Джордж (Wallmen George) (?–1958), амер. радиохимик 2/1112
 Уолтон Эрнст (Walton Ernst) (р. 1903), ирланд. физик 5/1017

Уотсон Джеймс Дьюи (Watson James Dew) (р. 1928), амер. биохимик 2/1325; 3/210, 211, 301, 593, 787; 4/499
 Урбен Жорж (Urbain George) (1872–1938), франц. химик 2/1230; 5/937
 Урри Уилберт (Urry Wilbert) (р. 1914), амер. химик 5/94
 Урьев Наум Борисович (р. 1936), рос. физикохимик 4/137
 Усанович Михаил Ильич (1894–1981), рос. физикохимик 2/778
 Ушаков Сергей Николаевич (1893–1964), рос. химик-органик 3/1122
 Уэст Рандолф (West Randolph) (1890–1949), амер. биохимик 2/22

Ф

Фаворский Алексей Евграфович (1860–1945), рос. химик-органик 3/786; 5/96
 Файгль Фриц (Feigl Fritz) (1891–1971), австр. химик-аналитик 1/294; 4/394
 Фарадей Майкл (Faraday Michael) (1791–1867), англ. физик и химик 1/513, 640, 997; 3/413; 5/106, 108, 922
 Фардинг А. (Farthing A.), англ. химик 3/913
 Фаулер Ральф (Fauler Ralph) (1889–1944), англ. химик 1/57
 Фаянс Казимир (Fajans Kasimierz) (1887–1975), амер. физикохимик 4/318, 335
 Федоров Евграф Степанович (1853–1919), рос. кристаллограф 2/1063
 Фейни Дж. А. (Feyni J. A.), амер. химик 1/542
 Фелинг Герман (Fehling Hermann) (1812–85), нем. химик-органик 5/114
 Ферми Энрико (Fermi Enriko) (1901–54), итал. физик 3/404; 4/336, 826; 5/160, 1017
 Ферсман Александр Евгеньевич (1883–1945), рос. ученый 1/466, 1015, 1017; 2/789; 3/95; 4/1006
 Фест В. (Fest W.), англ. химик 3/1216
 Фехер Дьердь (Fecher György) (р. 1928), венг. химик 4/246
 Филдс Эллис (Fields Ellis) (р. 1917), амер. химик 2/550
 Филиппов Григорий Семенович (1900–34), рос. биолог 3/293, 301
 Филиппс Дэвид (Phillips David) (р. 1924), англ. биофизик и кристаллограф 5/158
 Филиппс Кортни (Phillips Courtenay) (р. 1924), англ. химик-аналитик 5/627
 Филлипс Лайл (Phillips Lyle) (р. 1910), амер. физикохимик 3/57
 Филон Владимир Александрович (р. 1930), рос. токсиколог 5/108
 Финк Гарфилд (Finck Garfield) (1881–?), англ. химик 5/372
 Финкельштейн Г. (Finkelstein H.), нем. химик-органик 5/195
 Фиттинг Рудольф (Fittig Rudolf) (1835–1910), нем. химик-органик 1/567
 Фишер Ганс (Fischer Hans) (1881–1945), нем. химик и биохимик 3/786
 Фишер Карл (Fischer Carl) (1868–1943), нем. химик 5/196
 Фишер Отто (Fischer Otto) (1852–1932), нем. химик-органик 5/200
 Фишер Роналд (Fischer Ronald) (1890–1962), амер. химик 3/1106
 Фишер Р. (Fischer R.), нем. химик 5/326
 Фишер Франц (Fischer Franz) (1877–1947), нем. химик 5/51, 199
 Фишер Эмиль (Fischer Emil) (1852–1919), нем. химик-органик 1/388, 471, 558, 669; 2/622, 627, 733, 752; 3/656, 711, 786, 787, 929; 4/192; 5/152, 158, 196, 197, 198
 Флемминг Вальтер (Flemming Walther) (1843–1905), нем. анатом и цитолог 5/620
 Флёров Георгий Николаевич (1913–90), рос. физик 2/1107, 1214; 3/414, 488, 566; 4/318; 5/928, 1017
 Флодин П. (Flodin P.), швед. ученый 5/817
 Флори Пол (Flory Paul) (1910–85), амер. физикохимик 1/861, 862; 4/309
 Фогель Г. (Fogel H.) (1834–98), нем. химик 5/331

Фок Владимир Александрович (1898–1974), рос. физик-теоретик 2/722; 4/576
 Фокс-Талбот Уильям (Fox-Talbot William) (1800–77), англ. химик 5/330
 Фоллини Отто (Folin Otto) (1867–1934), амер. химик 5/217
 Фольгард Якоб (Volhard Jakob) (1834–1910), нем. химик-органик 1/1005
 Фольмер Макс (Volmer Max) (1885–1965), нем. физикохимик 2/317, 1183; 5/910
 Фома Аквинский (Thomas Aquinas) (1225–1274), философ и теолог 1/190
 Фонтана Феличе (Fontana Felice) (1730–1805), итал. химик 2/860
 Форлендер Даниэль (Forländer Daniel) (1867–1941), нем. химик-аналитик 4/1189
 Фрайтаг С. (Freitag S.), нем. химик 1/1181
 Франк Филипп (Frank Philipp) (1884–1966), австр. физик и математик 2/482
 Франкленд (Франкланд) Эдвард (Frankland Edward) (1825–99), англ. химик-органик 3/785; 5/509
 Франклин Розалинд (Franklin Rosalind) (1921–1958), англ. физикохимик и кристаллограф 3/593
 Франклин Эдвард (Franklin Edward) (1862–1937), амер. химик 2/778
 Фрезениус Вильгельм Теодор (Fresenius Wilhelm Theodore) (1856–?), нем. ученый 5/491
 Фрезениус Карл (Fresenius Carl) (1818–97), нем. химик 1/293; 4/394
 Фрейдлих Герберт (Freundlich Herbert) (1880–1941), нем. физикохимик 1/55; 2/1183
 Френель Огюстен (Fresnel Augusten) (1788–1827), франц. физик 3/772
 Френкель Яков Ильич (1894–1952), рос. физик 2/318; 4/406; 5/515
 Фридель Шарль (Friedel Charles) (1832–99), франц. химик-органик 3/786; 5/369
 Фридлендер Пауль (Friedländer Paul) (1857–1923), нем. химик-органик 4/1129; 5/370
 Фридрих Вальтер (Friedrich Walter) (1883–1968), нем. физик и биофизик 2/1063; 4/475
 Фрис Карл (Fries Karl) (1875–1962), нем. химик 5/372
 Фриш Пауль (Fritsch Paul) (1859–1913), нем. химик 5/373
 Фриш Отто (Frisch Otto) (р. 1904), австр. физикохимик 4/318
 Фрумкин Александр Наумович (1895–1976), рос. электрохимик 2/692; 3/1172; 5/485, 846, 910, 922, 924
 Фукуки Кэити (Fukui Keniti) (р. 1918), япон. химик 3/236, 787, 788; 4/419
 Фукухара Н. (Fukuchara N.), япон. химик 1/992
 Фукуртуа Антуан (Fourcrou Antoine) (1755–1809), франц. химик 3/1134
 Фурье Жан (Fourier Jean) (1768–1830), франц. математик и физик 3/1180

X

Хаак А. (Haack A.), нем. химик 1/710
 Хааф В. (Haaf W.), нем. химик 2/971
 Хайнс В. (Huynes W.), англ. химик-технолог 5/206
 Хайнс Курт (Heyns Kurt) (р. 1908), нем. химик 1/222
 Хакен Герман (Haken Hermann) (р. 1927), нем. физик и физикохимик 4/574
 Хансен Эло (Hansen Elo), дат. физикохимик 4/246
 Хараш М., см. Караш М.
 Харбордт К. (Harbordt K.), англ. химик 3/1210
 Харди Элизабет (Hardy Elisabeth) (р. 1915), амер. химик-органик 2/966
 Харитон Юлий Борисович (р. 1904), рос. физик и физикохимик 5/686
 Харичков Константин Васильевич (1865–1921), рос. химик-органик 3/441, 448
 Харкинс Уильям (Harkins William) (1873–1951), амер. физикохимик 3/1160
 Харкнесс Рой (Harkness Roy) (р. 1900), амер. химик 2/509
 Хартек Пауль (Harteck Paul) (р. 1902), нем. физикохимик 5/5
 Хартли Брайан (Hartley Brian) (р. 1926), англ. биохимик 5/801

Хартри Дуглас (Hartree Douglas) (1897–1958), англ. физик-теоретик 2/722; 4/576
 Хартридж Гамильтон (Hartridge Hamilton) (1896–1976), англ. физикохимик 4/881
 Хассель Олд (Hassel Odd) (1897–1981), норв. химик 4/859
 Хасснер Альфред (Hassner Alfred) (р. 1930), амер. химик-органик 4/425, 426
 Хатчет Чарльз (Hatchett Charles) (1765–1847), англ. химик 3/493; 5/937
 Хауэлл Ф. Дж. (Howell F.J.), англ. химик 2/1109
 Хацопулос Д. (Hatzopoulos G.), амер. физик 3/936
 Хевеши Дьёрдь (Georg) (Hevesy Györgi) (1885–1966), венг. и амер. радиохимик 1/121, 987; 2/383, 385; 5/937
 Хеденстрём А. (Hedenström A.), швед. химик 3/1213
 Хей Доналд (Hey Donald) (р. 1904), англ. химик 1/1158
 Хейвуд Роберт (Haywood Robert) (1919–94), англ. химик 3/936
 Хейльброннер Эдгар (Heylbrunner Edgar) (р. 1922), швейц. химик 4/1214
 Хек Ричард (Heck Richard) (р. 1931), амер. химик-органик 5/440
 Хеммонд Дж., см. Хэммонд Дж.
 Хензелейт Курт (Henseley Kurt), нем. химик 3/812
 Хепп Э. (Herr E.) (1851–1917), нем. химик 5/200
 Хёрс Кристофер (Hirs Christopher) (р. 1923), амер. химик и биохимик 1/471
 Хершбах Далли (Herschbach Dudley) (р. 1932), амер. химик 3/240
 Хеуорс У., см. Хоуорс У.
 Хёш Курт (Hoesch Kurt) (1882–1932), нем. химик-органик 5/450
 Хиггинс Гери (Higgins Gery) (р. 1927), амер. химик 5/160
 Хизингер Вильгельм (Hisinger Wilhelm) (1766–1852), нем. химик 5/696, 938
 Хилберт Гвидо (Hilbert Guido) (р. 1901), амер. биохимик 5/451
 Хилл Роберт (Hill Robert) (1899–?), англ. биохимик 5/349
 Хилл Террелл (Hille Terrell) (р. 1917), амер. физикохимик 1/57; 3/20, 220
 Хинкель Леонард (Hinkel Leonard) (1882–1962), англ. химик-органик 1/983
 Хиншвелуд Сирил (Hinselwood Sirl) (1897–1967), англ. физикохимик 2/756; 5/474, 516, 688
 Хипл Джон (Hipple John) (р. 1911), амер. физик 2/1314
 Хлопин Виталий Григорьевич (1890–1950), рос. радиохимик 4/300, 335; 5/55, 484
 Хобби Рассел (Hobby Russell) (р. 1934), амер. химик 2/383
 Хоггесс Торфин (Hogness Thorfin) (1894–1976), амер. физикохимик 2/509
 Ходкевич Владислав (Chodkiewicz Wladislaw) (р. 1921), франц. химик 2/551
 Ходиев Алексей Иванович (1818–83), рос. химик 1/1059
 Холанд Томас (Holland Thomas) (1868–1947), англ. химик (жил в Индии) 4/1062
 Холли Роберт (Holley Robert) (р. 1922), амер. биохимик 3/593
 Хоппе-Зейлер (Зайлер) Эрнст Феликс (Hoppe-Seyler Ernst Felix) (1825–95), нем. биохимик 2/1188
 Хорекер Бернард (Horecker Bernard) (р. 1914), амер. биохимик 3/921
 Хорнер Леопольд (Horner Leopold) (р. 1911), нем. химик-органик 5/607
 Хоуорс (Хеуорс) Уильям (Haworth William) (1883–1950), англ. химик-органик 3/786; 5/607
 Хофман Ролд (Hoffmann Rold) (р. 1937), амер. химик-органик 2/363; 3/787, 965; 4/420, 665; 5/443, 928
 Хубер Роберт (Huber Robert) (р. 1937), нем. биохимик 5/350
 Худ Лерой (Hood Leroy) (р. 1938), амер. биохимик 1/472
 Хунд Фридрих (Hund Friedrich) (р. 1896), нем. физик-теоретик 2/722; 5/474, 640

Хунсдиккер Хайнц (Hunsdiecker Heinz) (р. 1904), нем. химик 1/593; 5/641, 642
 Хьюз Эдвард (Hughes Edward) (1906–63), амер. химик 4/859
 Хьюсмен Хендрик (Huisman Hendrick) (р. 1923), амер. химик и биохимик 4/511
 Хэммонд Джордж (Hammond George) (р. 1921), амер. физикохимик 5/642
 Хэни Альберт (Henne Albert) (р. 1901), амер. химик 1/995
 Хюккель Эрх (Hückel Erich) (1896–1980), нем. физик и химик-теоретик 1/542; 2/8, 722; 5/643, 851, 923

Ц

Цан Хельмут (Zahn Helmut) (р. 1916), нем. химик-органик 1/471
 Цвейг Джордж (Zweig George) (р. 1937), амер. физик 5/931
 Цвет Михаил Семенович (1872–1919), рос. физиолог и биохимик растений 1/293, 559; 2/299; 5/625
 Цейзель Симон (Zeisel Simon) (1854–1933), австр. химик 5/659
 Церевитинов Федор Васильевич (1874–1947), рос. химик 5/693
 Циглер Джордж (Georg) (Ziegler George) (р. 1916), амер. физикохимик 4/1069
 Циглер Карл (Ziegler Karl) (1898–1973), нем. химик-органик 1/825; 2/665, 922; 3/1266; 4/1222; 5/710, 711
 Циммерман Говард (Zimmermann Howard) (р. 1926), амер. химик 3/964
 Цыбакова Е. Т., рос. химик 3/671

Ч

Чанс Бриттон (Chance Britton) (р. 1913), амер. биофизик 1/558; 4/881
 Чапмен Дэвид (Chapman David) (1869–1958), англ. химик 2/3
 Чаргафф Эрвин (Chargaff Erwin) (р. 1905), амер. биохимик 1/559; 3/593
 Чедвик (Чадавик) Джеймс (Chadwick James) (1891–1974), англ. физик 5/932
 Чепмен Артур (Chapman Arthur) (1898–?), англ. химик 4/165; 5/775
 Чернов Дмитрий Константинович (1839–1921), рос. металлург 5/176
 Черняев Илья Ильич (1893–1966), рос. химик-неорганик 3/413
 Черняк Джозеф (Cherniac Josef) (1851–1928), англ. химик 1/106
 Чижевский Николай Прокофьевич (1873–1952), рос. металлург, коксохимик 5/52
 Чиффи Г. (Chieffi G.), итал. химик 3/892
 Чичибабин Алексей Евгеньевич (1871–1945), рос. химик-органик 3/786; 5/778
 Чубар Бьянка (Tchoubar Bianca) (1910–90), франц. химик-органик 4/1191
 Чугаев Лев Александрович (1873–1922), рос. химик 1/294; 2/622; 3/413, 773; 4/394; 5/484, 693, 779

Ш, Щ

Шалл Клиффорд (Shall Clifford) (р. 1915), амер. физик 3/404
 Шалли Эндрю (Shalli Andrew) (р. 1926), амер. эндокринолог 3/400
 Шальников Александр Иосифович (1905–86), рос. физик 2/1035
 Шатенштейн Александр Исаевич (1906–92), рос. физикохимик 2/780
 Швани Теодор (Schwann Theodor) (1810–82), нем. гистолог и физиолог 1/471; 5/158
 Шверин Бото (Schwerin Botho) (1865–1917), нем. химик 4/304
 Шеврёль Мишель (Chevreul Michael) (1786–1889), франц. химик-органик 2/1188; 3/785
 Шееле Карл Вильгельм (Scheele Carl Wilhelm) (1742–86), швед. химик 1/459, 558, 815, 941;

- 2/769, 860, 1188, 1288; 3/245; 5/111, 389, 554, 937
- Шемьякин Михаил Михайлович (1908–70), рос. химик и биохимик 1/552; 5/485
- Шёнбейн Христиан (Schönbein Christian) (1799–1868), нем. химик 3/658
- Шёнигер В. (Schöniger W.), нем. химик 5/781
- Шеннон Роберт (Shannon Robert) (р. 1935), амер. кристаллограф 1/411; 2/527
- Шёнфлис Артур (Schönfliess Arthur) (1853–1928), нем. химик 2/1063
- Шепард Самуэль (Sheppard Samuel) (1882–?), амер. химик 4/627
- Шёпф Клеменс (Schöpf Clemens) (1899–1970), нем. химик 4/530
- Шилл Готфрид (Schill Gottfried), нем. химик 3/787; 4/1215
- Шиман Гюнтер (Schiemann Günter) (1899–1967), нем. химик-органик 5/781
- Ширакава Хидэки (Shirakawa Hideki) (р. 1931), япон. химик 3/1216
- Шифф Гуго (Schiff Hugo) (1834–1915), итал. химик 5/782
- Шихан Джон (Sheehan John) (р. 1915), амер. химик-органик 3/711
- Широ Валентин Михайлович (р. 1942), рос. физик 4/575
- Шленк Вильгельм младший (Schlenk Wilhelm junior) (р. 1907), нем. химик 2/799
- Шлоттербек Фриц (Schlotterbeck Fritz) (1876–1940), нем. химик-органик 1/656
- Шмидт Карл (Schmidt Carl) (1864–1938), нем. химик-органик 5/785
- Шмидт Франц (Schmidt Franz) (1874–1943), нем. химик-органик 1/989
- Шмидт Эрнст (Schmidt Ernst) (1845–1921), нем. химик-органик 5/450
- Шмидт Я. (Schmidt J.), нем. химик 2/788
- Шмитт (Шмидт) Рудольф (Schmitt Rudolf) (1830–98), нем. химик-органик 1/573; 2/864
- Шмушкович Дж. (Szmszkowicz J.), амер. химик-органик 4/873
- Шорыгин Павел Полиевктович (1881–1939), рос. химик-органик 5/786
- Шоттен Карл (Schotten Carl) (1853–1910), нем. химик 5/786
- Шоттки Вальтер (Schottky Walter) (1886–1976), нем. физик 5/515
- Шпайер А. (Schpayer A.), нем. химик-органик 5/197
- Шпенглер Т. (Spengler T.), швейц. химик-органик 3/1023
- Шрадер Герхардт (Schraeder Gerhardt) (р. 1903), нем. химик 4/972
- Шрайбер Мария Соломоновна (1904–92), рос. химик-аналитик 1/294; 4/1209
- Шредер Иван Федорович (1858–1918), рос. физико-химик 5/176
- Шрёдингер Эрвин (Schrödinger Erwin) (1887–1961), нем. физик 2/717
- Шрейнемекерс Ф., см. Схрейнемекерс Ф.
- Шрётер Георг (Schrüter George) (1869–1943), нем. химик 1/811
- Штайер А. (Steier A.), нем. химик-органик 5/197
- Штайнвельд Хельмут (Steinwendel Helmut) (р. 1921), нем. физик 2/1314
- Шталь Георг (Stahl George) (1659–1734), нем. химик 5/508
- Штарк Иогани (Stark Johann) (1874–1957), нем. физик 5/790

- Штаудингер Герман (Staudinger Hermann) (1881–1965), нем. химик 1/860; 3/1266; 4/309; 5/790, 791
- Штейн Герхард (Stein Gerhard) (р. 1902), нем. физикохимик 1/200
- Штерн Отто (Stern Otto) (1888–1969), нем. физик 2/3
- Штиглиц Юлиус (Stieglitz Julius) (1867–1937), нем. химик 5/792
- Штоббе Ганс (Stobbe Hans) (1860–1938), нем. химик-органик 5/793
- Штоль Артур (Stoll Arthur) (1887–1971), швейц. химик 1/558
- Штрассман Фриц (Strassmann Fritz) (1902–80), нем. физик и химик 4/318, 336; 5/1017
- Штрекер Адольф (Strecker Adolf) (1822–71), нем. химик-органик 1/138, 471; 5/794
- Штрмейер Фридрих (Stromeyer Friedrich) (1776–1835), нем. химик 2/553; 5/937
- Шубников Александр Васильевич (1887–1970), рос. физик-кристаллограф 5/515
- Шульце Эрнст (Schulze Ernst) (1840–1912), нем. химик и биохимик 5/121
- Шустер Карл (Schuster Carl) (1898–?), нем. химик-технолог 3/33
- Шухов Владимир Григорьевич (1853–1939), рос. инженер 2/166; 3/441
- Щербаков Леонид Михайлович (р. 1919), рос. физикохимик 2/613
- Щукин Евгений Дмитриевич (р. 1928), рос. физико-химик 2/1184; 4/137

З

- Эбелман Ж. (Ebelman G.), нем. химик 2/223
- Эванс Мередит (Evans Meredith) (1904–52), англ. физикохимик 1/121; 2/692; 3/964; 4/419; 5/474
- Эггерс Дэвид Фрэнк (Eggers David Frank) (р. 1922), амер. физикохимик 2/1314
- Эдельман Джералд Морис (Edelman Gerald Maurice) (р. 1929), амер. биохимик 2/428
- Эдджердинг Д. 3/724
- Эдман Пер (Edman Per) (1916–77), швед. биохимик 1/472; 5/801
- Эдуардс Дж. (Edwards G.), англ. химик 3/1216
- Эйблсон Филип (Abelson Philip) (р. 1913), амер. физикохимик 3/426; 4/336
- Эйвери Освальд Теодор (Avery Oswald Theodore) (1877–1955), амер. микробиолог 3/211, 593
- Эйген Манфред (Eigen Manfred) (р. 1927), нем. физикохимик 2/431; 4/1032
- Эйкман Христиан (Eykman Christian) (1858–1930), нидерл. врач и микробиолог 1/558
- Эйлер (Эйлер-Хельпин) Ульф фон (von Euler-Chelpin Ulf) (1905–83), швед. физиолог 1/558
- Эймур Джон (Amoore John) (р. 1930), амер. биохимик 2/238
- Эйнштейн Альберт (Einstein Albert) (1879–1955), физик-теоретик 2/717, 727, 860; 4/826; 5/357, 802, 932
- Эйринг Генри (Eyring Henry) (1901–81), амер. физикохимик 1/121; 2/756; 4/422; 5/474
- Эйхман Р. К., рос. химик 2/976
- Экеберг Андерс (Ekeberg Anders) (1767–1813), швед. химик и минералог 4/982; 5/938
- Экеистейн Виллем Альберда ван (van Ekenstein Willem Alberda) (1858–1937), нидерл. химик 2/1211
- Элман Дж. (Ellman J.), амер. биохимик 5/942
- Элмор Ф. (Elmor F.), англ. технолог 5/206
- Эльвар Фаусто де (de Elhuyar Fausto) (1755–1833), исп. химик 1/815

- Эльбс (Элбс) Карл (Elbs Karl) (1858–1933), нем. химик 5/942, 943
- Эльтеков Александр Павлович (1846–94), рос. химик-органик 5/943
- Эмануэль Николай Маркович (1915–84), рос. физикохимик 2/756; 5/485, 692
- Эмде Герман Карл (Emde Hermann Karl) (1880–1935), нем. химик 5/947
- Эмерсон Роберт (Emerson Robert) (1903–59), амер. ученый 5/349
- Эммет Пол Хью (Emmet Paul Hugh) (1900–85), амер. физикохимик 1/57
- Энгельгардт Александр Николаевич (1832–93), рос. химик 1/33
- Энгельгардт Владимир Александрович (1894–1984), рос. биохимик 1/471, 558; 3/211, 671; 5/477
- Энгельман Теодор Вильгельм (Engelmann Theodor Wilhelm) (1843–1909), нем. ученый 5/349
- Энглер Карл Освальд Виктор (Engler Carl Oswald Victor) (1842–1925), нем. химик-органик 3/448
- Энглин Михаил Абрамович (р. 1915), рос. химик-органик 3/672
- Эрдеи Ласло (Erdey Laslo) (1910–70), венг. химик-аналитик 2/36
- Эрдеи-Груз Тибор (Erdey-Gruz Tibor) (1902–76), венг. физикохимик 5/910, 923
- Эрленмейер Эмиль (Erlenmeyer Emil) (1825–1909), нем. химик-органик 1/1222; 5/943
- Эрлих Пауль (Ehrlich Paul) (1854–1915), нем. врач, бактериолог и биохимик 5/970
- Эрстед Ханс (Ørsted Hans) (1777–1851), дат. физик 1/209; 5/937
- Эссон Уильям (Esson William) (1838/39–1916), англ. химик 2/755
- Этар Александр (Étard Alexandre) (1852–1910), франц. химик-органик 5/976
- Этвеш Роланд (Eötvös Roland) (1848–1919), венг. физик 4/673
- Эшвайлер В. (Eschweiler W.) (1860–?), нем. химик 5/1013
- Эшенимозер Альберт (Eschenmoser Albert) (р. 1925), швейц. химик-органик 2/945

Ю, Я

- Юкава Хидэки (Yukawa Hideki) (1907–81), япон. физик-теоретик 5/932
- Юм-Розери Уильям (Hume-Rothery William) (1899–1968), англ. металлург 4/1004
- Юнг (Янг) Томас (Young Thomas) (1773–1829), англ. ученый 2/613, 860; 3/1174
- Юри Гаролд (Urey Harold) (1893–1981), амер. физик и физикохимик 2/25, 961; 5/33
- Яблоньский Александр (Jablonski Aleksander) (1898–1980), польск. физик 2/728
- Якоби Борис Семенович (Мориц Герман) (1801–1874), рос. физик 1/1221; 5/922
- Яковлев Владимир Петрович (р. 1930), рос. фармаколог 5/108
- Якубович Аркадий Яковлевич (1905–70), рос. химик-органик 3/1219
- Ямаширо Д., япон. биохимик 4/1001
- Ян Г. А. (Jalin H. A.), амер. физик 5/1056
- Янг В. (Yang W.), амер. физикохимик 4/420
- Яновский И. В., рос. химик 5/1058
- Яновский Моисей Иосифович (1916–90), рос. физикохимик 5/627
- Янсен Баренд (Jahnsen Barend) (1884–1962), нидерл. ученый 2/634
- Япп Франсис Роберт (Japp Francis Robert) (1848–1925), англ. химик 5/1060

ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ

ПО ХИМИИ	
1901	Вант Гофф Я.Х. (Нидерланды)
1902	Фишер Э.Г. (Германия)
1903	Аррениус С.А. (Швеция)
1904	Рамзай У. (Великобритания)
1905	Байер А. фон (Германия)
1906	Муассан А. (Франция)
1907	Бухнер Э. (Германия)
1908	Резерфорд Э. (Великобритания)
1909	Оствальд В. (Германия)
1910	Валлах О. (Германия)
1911	Склодовская-Кюри М. (Франция)
1912	Гриньяр В. (Франция)
	Сабатье П. (Франция)
1913	Вернер А. (Швейцария)
1914	Ричардс Т.У. (США)
1915	Вильштеттер Р.М. (Германия)
1918	Габер Ф. (Германия)
1920	Нерист В. (Германия)
1921	Содди Ф. (Великобритания)
1922	Астон Ф.У. (Великобритания)
1923	Прегель Ф. (Австрия)
1925	Зигмонди Р. (Австрия)
1926	Сведберг Т. (Швеция)
1927	Виланд Г. (Германия)
1928	Виндаус А. (Германия)
1929	Гарден А. (Великобритания), Эйлер-Хельпин Х. фон (Швеция)
1930	Фишер Г.Э. (Германия)
1931	Берггус Ф., Бош К. (Германия)
1932	Ленгмюр И. (США)
1934	Юри Г.К. (США)
1935	Жолио-Кюри И., Жолио-Кюри Ф. (Франция)
1936	Дебай П. (Нидерланды)
1937	Каррер П. (Швейцария)
	Хоуорс (Хеуорс) У.Н. (Великобритания)
1938	Кун Р. (Германия)
1939	Бутенандт А. (Германия)
	Ружичка Л. (Швейцария)
1943	Хевеши Д. (Швеция)
1944	Ган О. (Германия)
1945	Виртанен А.И. (Финляндия)
1946	Самнер Дж.Б. (США)
	Стэили У.М., Нортроп Дж. (США)
1947	Робинсон Р. (Великобритания)
	Открытие законов в области химической кинетики и осмотического давления
	Работы по синтезу сахаров и пуринов
	Создание теории электролитической диссоциации
	Открытие благородных (инертных) газов и определение их места в периодической системе
	Синтез органических красителей и гидроароматических соединений
	Получение химически чистого фтора, создание электродуговой печи, названной его именем
	Открытие спиртового брожения в дрожжевых экстрактах, что доказало возможность ферментативных реакций без участия целостных клеток
	Исследования радиоактивного распада элементов и химии радиоактивных веществ
	Работы по катализу и исследования принципов управления химическим равновесием и скоростями реакций
	Вклад в развитие органической химии (алициклические соединения) и химической промышленности
	Открытие радия и полония, получение чистого радия и исследование его соединений
	Открытие т. наз. реактива Гриньяра, применение которого способствовало развитию органической химии
	Открытие метода гидрирования органических соединений в присутствии мелкодисперсных металлов в качестве катализаторов
	Основополагающие работы в области координационных соединений
	Точное определение атомных масс ряда химических элементов
	Исследования растительных пигментов, установление формулы хлорофилла
	Синтез аммиака из составляющих его элементов
	Работы в области термодинамики
	Развитие химии радиоактивных веществ и исследование природы изотопов
	Изобретение масс-спектрографа и открытие с его помощью изотопов большого числа нерадиоактивных элементов; формулирование правила целых чисел
	Разработка метода микроанализа органических соединений
	Установление гетерогенной природы коллоидных растворов
	Работы в области дисперсных систем
	Исследование строения желчных кислот
	Изучение строения стероидов и их связи с витаминами
	Исследование ферментации сахаров и ферментов, участвующих в этом процессе
	Исследования строения молекул гемоглобина и хлорофилла, синтез гемина
	Разработка и применение в химии методов высокого давления
	Открытия и исследования в области химии поверхностных явлений
	Открытие тяжелого водорода (дейтерия)
	Синтез новых радиоактивных элементов
	Исследования структуры молекул (дипольных моментов) и дифракции рентгеновских лучей и электронов в газах
	Исследование каротиноидов и флавинов, а также витаминов А и В ₂
	Исследования углеводов и витамина С
	Изучение каротиноидов и витаминов
	Работы по половым гормонам
	Работы по полиметиленам и высшим терпенам
	Применение изотопов в качестве индикаторов для изучения химических реакций
	Открытие деления ядер тяжелых атомов
	Изобретение метода консервации кормов
	Первое получение фермента (уреазы) в кристаллическом виде и доказательство его белковой природы
	Получение в кристаллическом виде ряда ферментов и вирусов
	Исследование растительных алкалоидов и др. биологически важных природных веществ

1948	Тиселиус А. (Швеция)	Разработка методов электрофоретического и адсорбционно-хроматографического анализа и их применение для разделения сывороточных белков
1949	Джиок У.Ф. (США)	Вклад в развитие химической термодинамики, в частности изучение свойств веществ при сверхнизких температурах
1950	Альдер К., Дильс О. (Германия)	Открытие и развитие метода диенового синтеза
1951	Макмиллан Э.М., Сиборг Г.Т. (США)	Открытие и изучение трансурановых элементов
1952	Мартин А.Дж.П., Синг Р.Л.М. (Великобритания)	Открытие метода распределительной хроматографии
1953	Штаудингер Г. (Германия)	Работы в области химии высокомолекулярных веществ
1954	Полинг Л.К. (США)	Исследование природы химической связи
1955	Дю Вийо В. (США)	Первый синтез полипептидных гормонов
1956	Семенов Н.Н. (СССР), Хиншелвуд С.Н. (Великобритания)	Исследование механизма химических реакций (цепные реакции)
1957	Толд А. (Великобритания)	Синтез нуклеотидов и нуклеотидных коферментов
1958	Сенгер Ф. (Великобритания)	Установление строения молекулы инсулина
1959	Гейровский Я. (ЧССР)	Открытие и развитие метода полярографического анализа
1960	Либби У.Ф. (США)	Разработка метода датирования в археологии, геологии и др. при помощи углерода-14
1961	Калвин М. (США)	Открытие последовательности химических превращений диоксида углерода при фотосинтезе (цикл Кальвина)
1962	Кендрю Дж.К., Перуц М.Ф. (Великобритания)	Установление строения глобулярных белков (миоглобина, гемоглобина) методом рентгеновского структурного анализа
1963	Натта Дж. (Италия), Циглер К. (Германия)	Открытие в области химии и технологии полимеров
1964	Кроуфут-Ходжкин Д. (Великобритания)	Установление методом рентгеновского структурного анализа строения биологически активных веществ (витамина В ₁₂ и др.)
1965	Вудворд Р.Б. (США)	Исключительный вклад в развитие органического синтеза (синтез стероидов, хлорофилла и др. природных веществ)
1966	Малликен Р.С. (США)	Изучение химических связей и электронного строения молекул методом молекулярных орбиталей
1967	Норриш Р.Дж.Р., Портер Дж. (Великобритания), Эйген М. (Германия)	Изучение сверхбыстрых химических реакций импульсными методами
1968	Онсагер Л. (США)	Вклад в термодинамику необратимых процессов
1969	Бартои Д.Х.Р. (Великобритания), Хассель О. (Норвегия)	Вклад в развитие конформационного анализа и его применение в органической химии
1970	Лелуар Л.Ф. (Аргентина)	Открытие роли нуклеотидов в биосинтезе углеводов
1971	Герцберг (Херцберг) Г. (Канада)	Исследования электронной структуры и строения молекул, особенно свободных радикалов
1972	Анфинсен К.Б., Мур С., Стайн У.Х. (США)	Изучение молекулярной структуры фермента рибонуклеазы и ее связи с каталитической активностью
1973	Фишер Э.О. (Германия), Уилкинсон Дж. (Великобритания)	Работы по химии металлоорганических соединений сэндвичевой структуры
1974	Флори П.Дж. (США)	Достижения в области теоретической и экспериментальной физической химии макромолекул
1975	Корнфорт Дж.У. (Великобритания)	Работы по выяснению путей биосинтеза холестерина
	Прелог В. (Швейцария)	Работы по стереохимии органических соединений
1976	Липском (Липскомб) У.Н. (США)	Установление структуры бороводородов и вклад в изучение природы химической связи
1977	Пригожин И.Р. (Бельгия)	Вклад в термодинамику необратимых процессов
1978	Митчелл П. (Великобритания)	Исследование процесса переноса энергии в клетках и разработка хемиосмотической теории
1979	Браун Г. (США), Виттинг Г. (Германия)	Разработка новых методов синтеза бор- и фосфорсодержащих органических соединений
1980	Берг П. (США)	Исследования биохимических свойств нуклеиновых кислот, в особенности рекомбинантных ДНК
	Гилберт У. (США), Сенгер Ф. (Великобритания)	Установление нуклеотидной последовательности в молекулах нуклеиновых кислот
1981	Фукуи К. (Япония), Хофман Р. (США)	Разработка теории протекания химических реакций
1982	Клуг А. (Великобритания)	Работы по электронной микроскопии кристаллов и определение структуры нуклеопротеиновых комплексов
1983	Таубе Г. (США)	Изучение механизма переноса электрона в реакциях с участием комплексов металлов
1984	Меррифилд Р.Б. (США)	Создание метода твердофазного химического синтеза
1985	Карле Дж., Хауптман Х.А. (США)	Вклад в развитие методов определения кристаллических структур
1986	Поланн Дж. (Канада), Ли Ян, Херцбах Д. (США)	Вклад в исследование механизма и кинетики химических реакций
1987	Крам Д., Педерсен Ч. (США), Леи Ж.М. (Франция)	Развитие химии макрогетероциклических соединений, способных к комплексообразованию

1988	Дайзенхофер И., Михель Х., Хубер Р. (Германия)	Определение трехмерной структуры фотосинтетического реакционного центра у пурпурных бактерий
1989	Олтмен С., Чек Т.Р. (США)	Открытие ферментативной активности рибонуклеиновых кислот
1990	Кори Э.Дж. (США)	Развитие теории и методов органического синтеза
1991	Эрист Р. (Швейцария)	Разработка новых методов спектроскопии ЯМР высокого разрешения
1992	Маркус Р. (США)	Исследования по перемещению электронов в химических системах
1993	Муллис К. (США)	Открытие метода полимеразной цепной реакции – получения новых молекул ДНК с помощью фермента ДНК-полимеразы
	Смит М. (Канада)	Разработка метода направленного мутагенеза и его применение для установления структуры белков
1994	Ола Дж. А. (США)	Развитие химии карбатионов
1995	Крутцен П. (Германия), Молина М., Роулэнд Ш. (США)	Работы по химии атмосферы, в особенности исследование образования и разложения озона
1996	Кёрл Р., Смолли Р. (США), Крото Х. (Великобритания)	Открытие новой формы углерода – фуллеренов
1997	Скоу Е.Х. (Дания)	Изучение фермента натрий, калий-зависимой аденозинтрифосфатазы (т. наз. натрий-калиевый насос)
	Бойер П., Уокер Дж. (США)	Изучение строения и механизма действия фермента протон-транспортирующей аденозинтрифосфатазы
ПО ФИЗИКЕ		
1901	Рентген В.К. (Германия)	Открытие «х»-лучей (рентгеновских лучей)
1902	Зеeman П., Лоренц Х.А. (Нидерланды)	Исследование влияния магнетизма на процессы излучения
1903	Беккерель А.А. (Франция)	Открытие естественной радиоактивности
	Кюри П., Склодовская-Кюри М. (Франция)	Исследование явления радиоактивности, открытого А.А. Беккерелем
1904	Стретт (лорд Рэлей) Дж.У. (Великобритания)	Исследование плотностей наиболее распространенных газов и открытие аргона
1905	Ленард Ф.Э.А. (Германия)	Исследование катодных лучей
1906	Томсон Дж. Дж. (Великобритания)	Исследование электрической проводимости газов
1907	Майкельсон А.А. (США)	Создание высокоточных оптических приборов; спектроскопические и метрологические исследования
1908	Липпман Г. (Франция)	Открытие способа цветной фотографии
1909	Браун К.Ф. (Германия), Маркони Г. (Италия)	Работы по созданию беспроволочного телеграфа
1910	Ваальс (Ван дер Ваальс) Я.Д. (Нидерланды)	Исследование уравнения состояния газов и жидкостей
1911	Вин В. (Германия)	Открытие законов теплового излучения
1912	Дален Н.Г. (Швеция)	Изобретение устройства для автоматического зажигания и гашения маяков и светящихся буйев
1913	Камерлинг-Оннес Х. (Нидерланды)	Исследование свойств вещества при низких температурах и получение жидкого гелия
1914	Лауэ М. фон (Германия)	Открытие дифракции рентгеновских лучей в кристаллах
1915	Брэйт У.Г., Брэйт У.Л. (Великобритания)	Исследование структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей
1917	Баркля Ч. (Великобритания)	Открытие характеристического рентгеновского излучения элементов
1918	Планк М.К. (Германия)	Открытие квантов энергии
1919	Штарк И. (Германия)	Открытие эффекта Доплера в канальных лучах и расщепления спектральных линий в электрическом поле
1920	Гильом (Гийом) Ш.Э. (Швейцария)	Создание железоникелевых сплавов для метрологических целей
1921	Эйнштейн А. (Германия)	Вклад в теоретическую физику, в частности открытие закона фотоэлектрического эффекта
1922	Бор Н.Х.Д. (Дания)	Исследования в области изучения строения атома и испускаемого им излучения
1923	Милликен Р.Э. (США)	Работы по определению элементарного электрического заряда и фотоэлектрическому эффекту
1924	Сигбаи К.М.Г. (Швеция)	Исследования в области рентгеновской спектроскопии
1925	Герц Г., Франк Дж. (Германия)	Открытие законов соударения электронов с атомами
1926	Перрен Ж.Б. (Франция)	Работы по дискретной природе материи, в частности за открытие седиментационного равновесия
1927	Вильсон Ч.Т.Р. (Великобритания)	Создание метода визуального наблюдения траекторий электрически заряженных частиц с помощью конденсации пара
	Комптон А.Х. (США)	Открытие рассеяния рентгеновских лучей на свободных электронах, сопровождающегося увеличением длины волны (эффект Комптона)
1928	Ричардсон О.У. (Великобритания)	Исследование термоэлектронной эмиссии и установление зависимости плотности эмиссионного тока от температуры (формула Ричардсона)
1929	Бройль Л. де (Франция)	Открытие волновой природы электрона

1930	Раман Ч.В. (Индия)	Работы по рассеянию света и открытие комбинационного рассеяния света (эффект Рамана)
1932	Гейзенберг В. (Германия)	Создание квантовой механики в матричной форме и применение ее к предсказанию двух состояний молекулы водорода
1933	Дирак П.А.М. (Великобритания), Шрёдингер Э. (Австрия)	Открытие новых продуктивных форм атомной теории, т.е. создание уравнений квантовой механики
1935	Чедвик Дж. (Великобритания)	Открытие нейтрона
1936	Андерсон К.Д. (США)	Открытие позитрона в космических лучах
	Гесс В.Ф. (Австрия)	Открытие космических лучей
1937	Дэвиссон К.Дж. (США), Томсон Дж.П. (Великобритания)	Открытие дифракции электронов в кристаллах
1938	Ферми Э. (Италия)	Открытие искусственной радиоактивности, вызванной медленными нейтронами
1939	Лоуренс Э.О. (США)	Изобретение циклотрона и получение с его помощью искусственных радиоактивных элементов
1943	Штери О. (США)	Развитие метода молекулярных пучков и открытие магнитного момента протона
1944	Раби И.А. (США)	Разработка резонансного метода измерения магнитных свойств атомных ядер
1945	Паули В. (Швейцария)	Открытие принципа запрета (принцип Паули)
1946	Бриджмен П.У. (США)	Открытия в области физики сверхвысоких давлений
1947	Эплтон Э.В. (Великобритания)	Исследование физики верхних слоев атмосферы, открытие слоя ионосферы, отражающего радиоволны (слой Эплтона)
1948	Блэккетт П.М.С. (Великобритания)	Усовершенствование камеры Вильсона и сделанные в связи с этим открытия в области ядерной физики и физики космических лучей
1949	Юкава Х. (Япония)	Предсказание существования мезонов
1950	Пауэлл С.Ф. (Великобритания)	Разработка фотографического метода исследования ядерных процессов и открытие мезонов
1951	Кокрофт Дж. Д. (Великобритания), Уолтон Э.Т.С. (Ирландия)	Исследования превращений атомных ядер с помощью искусственно ускоренных атомных частиц
1952	Блох Ф., Перселл Э.М. (США)	Открытие ядерного магнитного резонанса
1953	Чернике Ф. (Нидерланды)	Создание фазово-контрастного метода, изобретение фазово-контрастного микроскопа
1954	Бори М. (Германия)	Фундаментальные исследования по квантовой механике, статистическая интерпретация волновой функции
	Боте В. (Германия)	Разработка метода совпадений и его применение в физике космических лучей и ядерной физике
1955	Куш П. (США)	Точное определение магнитного момента электрона
	Лэмб У.Ю. (США)	Открытия в области тонкой структуры спектров водорода
1956	Бардин Дж., Браттейн У., Шокли У.Б. (США)	Исследование полупроводников и открытие транзисторного эффекта
1957	Ли (Ли Цзундао), Янг (Ян Чжэньни) (США)	Постулирование нарушения закона сохранения четности в слабых взаимодействиях
1958	Тамм И.Е., Франк И.М., Черенков П.А. (СССР)	Открытие и создание теории эффекта Черенкова – Вавилова
1959	Сегре Э., Чемберлен О. (США)	Открытие антипротона
1960	Глазер Д.А. (США)	Изобретение пузырьковой камеры
1961	Мёссбауэр Р.Л. (Германия)	Открытие и исследование резонансного поглощения гамма-излучения в твердых телах (эффект Мёссбауэра)
	Хофстедтер Р. (США)	Исследования рассеяния электронов на атомных ядрах и связанные с ними открытия в области структуры нуклонов
1962	Ландау Л.Д. (СССР)	Теория конденсированной материи, в особенности жидкого гелия
1963	Вигнер Ю.П. (США)	Вклад в теорию атомного ядра и элементарных частиц
	Гёпперт-Майер М. (США), Йенсен Й.Х.Д. (Германия)	Открытие оболочечной структуры атомного ядра
1964	Басов Н.Г., Прохоров А.М. (СССР), Таунс Ч.Х. (США)	Работы в области квантовой электроники, приведшие к созданию генераторов и усилителей нового типа – мазеров и лазеров
1965	Томонага С. (Япония), Фейнман Р.Ф., Швингер Дж. (США)	Работы по квантовой электродинамике, имеющие важные следствия для физики элементарных частиц
1966	Кастлер А. (Франция)	Создание методов оптического резонанса и оптической накачки
1967	Бете Х.А. (США)	Вклад в теорию ядерных реакций, особенно за открытия, касающиеся источников энергии звезд
1968	Альварес Л.У. (США)	Вклад в физику элементарных частиц, в т.ч. открытие многих резонансов с помощью водородной пузырьковой камеры
1969	Гелл-Ман М. (США)	Открытия, связанные с классификацией элементарных частиц и их взаимодействий (гипотеза кварков)
1970	Альвеи (Альфвеи) Х. (Швеция)	Работы и открытия в области магнитной гидродинамики и их приложение в различных областях физики

1970	Неель Л.Э.Ф. (Франция)	Работы и открытия в области антиферромагнетизма и ферромагнетизма и их приложения в физике твердого тела
1971	Габор Д. (Великобритания)	Изобретение и развитие голографии
1972	Бардин Дж., Купер Л., Шриффер Дж.Р. (США)	Создание теории сверхпроводимости
1973	Джайвер А., Эсаки Л. (США) Джозефсон Б. (Великобритания)	Исследование туннельного эффекта в полупроводниках и сверхпроводниках Предсказание квантовых эффектов при протекании тока через туннельный барьер (эффекты Джозефсона)
1974	Райл М., Хьюиш Э. (Великобритания)	Новаторские работы по радиоастрофизике (метод апертурного синтеза, открытие пульсаров)
1975	Бор О., Моттelson Б. (Дания), Рейнуотер Дж. (США)	Разработка т.наз. обобщенной модели атомного ядра
1976	Рихтер Б., Тинг С. (США)	Открытие тяжелой элементарной частицы нового типа
1977	Андерсон Ф., Ван Флек Дж.Х. (США), Мотт Н. (Великобритания)	Исследования в области электронной структуры магнитных и неупорядоченных систем
1978	Вильсон Р.В., Пензиас А.А. (США) Капица П.Л. (СССР)	Открытие микроволнового реликтового излучения Открытия в области физики низких температур
1979	Вайнберг (Уэйнберг) С., Глэшоу Ш. (США), Салам А. (Пакистан)	Создание объединенной теории слабого и электромагнитного взаимодействий между элементарными частицами (т.наз. электрослабое взаимодействие)
1980	Кронин Дж.У., Фитч В.Л. (США)	Открытие нарушения фундаментальных принципов симметрии при распаде нейтральных К-мезонов
1981	Бломберген Н., Шавлов А.Л. (США) Сигбан К.М.Б. (Швеция)	Развитие лазерной спектроскопии Развитие электронной спектроскопии высокого разрешения
1982	Вильсон К. (США)	Разработка теории критических явлений при фазовых переходах
1983	Фаулер У.А. (США) Чандрасекар С. (США)	Разработка теории образования химических элементов Вселенной посредством ядерных реакций в звездах Работы в области строения и эволюции звезд
1984	Мер (Ван дер Мер) С. (Нидерланды), Руббин К. (Италия)	Вклад в исследования в области физики высоких энергий и в теорию элементарных частиц (открытие промежуточных векторных бозонов)
1985	Клитцинг К. фон (Германия)	Открытие квантового эффекта Холла
1986	Бинниг Г. (Германия), Рорер Г. (Швейцария) Руска Э. (Германия)	Создание сканирующего туннельного микроскопа Работы по электронной оптике и созданию электронного микроскопа
1987	Беднорц И.Г. (Германия), Мюллер К.А. (Швейцария)	Открытие высокотемпературной сверхпроводимости
1988	Ледерман Л.М., Стейнбергер Дж., Шварц М. (США)	Доказательство существования двух типов нейтрино
1989	Демелт Х.Дж. (США), Пауль В. (Германия) Рамзей Н.Ф. (США)	Развитие метода удержания одиночных ионов, используемого в прецизионной спектроскопии высокого разрешения Разработка метода пространственно разделенных осциллирующих полей, что привело к созданию цезиевых атомных часов и водородного лазера
1990	Кендалл Г., Фридман Дж. (США), Тейлор Р. (Канада)	Основополагающие исследования, имеющие важное значение для развития кварковой модели
1991	Жен П.Ж. де (Франция)	Исследование молекулярного упорядочения в сложных конденсированных системах, особенно в жидких кристаллах и полимерах
1992	Шарпак Ж. (Франция)	Вклад в развитие детекторов элементарных частиц
1993	Тейлор Дж., Халс Р. (США)	Открытие двойных пульсаров
1994	Брокхауз Б. (Канада), Шалл К. (США)	Технология исследования материалов путем бомбардирования нейтронами пучками
1995	Перл М., Райнес Ф. (США)	Вклад в физику лептонов
1996	Ли Д., Ошеров Д., Ричардсон Р. (США)	Открытие сверхтекучести гелия-3
1997	Чу С. (США), Кози-Таниуджи К. (Франция), Филлипс У. (Великобритания)	Работы по охлаждению и захвату атомов лазерным излучением

ПО ФИЗИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

1901	Беринг Э.А. (Германия)	Открытие лечебных свойств сыворотки крови и ее использование в борьбе с дифтерией
1902	Росс Р. (Великобритания)	Открытие пути проникновения в организм и развития в нем возбудителя малярии
1903	Финзен Н.Р. (Дания)	Открытие способа лечения кожных болезней (особенно волчанки) световым облучением
1904	Павлов И.П. (Россия)	Работы по физиологии пищеварения
1905	Коха Р. (Германия)	Открытие возбудителя туберкулеза («палочка Коха»)
1906	Рамон-и-Кахаль С. (Испания), Гольджи К. (Италия)	Работы по гистологии и морфологии нервной системы
1907	Давидсон Ш.Л.А. (Франция)	Открытие безответной роли простейших
1908	Мечников И.И. (Россия), Эрлих П. (Германия)	Работы по исследованию механизмов иммунитета

1909	Кохер Т. (Швейцария)	Исследования в области физиологии, патологии и хирургии щитовидной железы
1910	Коссель А. (Германия)	Исследования по химии белков и других макромолекул клетки
1911	Гульстранд А. (Швеция)	Труды по оптике глаза
1912	Каррель А. (Франция)	Работы по сшиванию сосудов и пересадке органов и кровеносных сосудов
1913	Рише Ш. (Франция)	Открытие и исследование анафилаксии
1914	Барани Р. (Австрия)	Работы по физиологии и патологии вестибулярного аппарата
1919	Борде Ж. (Бельгия)	Открытия в области иммунитета
1920	Крег А. (Дания)	Открытие механизма капиллярного кровообращения
1922	Мейергоф О. (Германия)	Открытие связи между потреблением кислорода мышцами и образованием в них молочной кислоты
1922	Хилл А.В. (Великобритания)	Открытия в области теплопродукции мышц
1923	Бантинг Ф.Г., Маклеод Дж.Дж.Р. (Канада)	Открытие инсулина
1924	Эйнтховен В. (Нидерланды)	Разработка метода электрокардиографии
1926	Фибигер Й. (Дания)	Труды по экспериментальной онкологии
1927	Вагнер-Яурегт Ю. (Австрия)	Открытие лечебного действия малярии при прогрессирующем параличе
1928	Николь Ш. (Франция)	Установление переносчика сыпного тифа – платяной вши
1929	Хопкинс Ф.Г. (Великобритания), Эйкман Х. (Нидерланды)	Открытие витаминов, стимулирующих рост организма
1930	Ландштейнер К. (США)	Открытие групп крови человека
1931	Варбург О.Г. (Германия)	Открытие природы и функций дыхательных ферментов
1932	Шеррингтон Ч.С., Эдриан Э.Д. (Великобритания)	Открытие функций нейронов
1933	Морган Т.Х. (США)	Создание хромосомной теории наследственности
1934	Майнот Дж.Р., Мёрфи У.П., Уипл Дж.Х. (США)	Открытие метода лечения анемий препаратами, полученными из печени
1935	Шпеман Х. (Германия)	Открытие «организаторов» – частей зародыша, влияющих на направление эмбрионального развития других его частей
1936	Дейл Г.Х. (Великобритания), Лёви О. (Германия)	Исследование химической природы передачи нервного импульса
1937	Сент-Дьёрдьи А. (США)	Работы по биологическому окислению и выделение в кристаллическом виде витамина С
1938	Хейманс (Гейманс) К. (Бельгия)	Открытие роли каротидных синусов и аорты в регуляции дыхания и кровообращения
1939	Домагк Г. (Германия)	Открытие первого антибактериального препарата – протозила
1943	Дам Х. (Дания), Дойзи Э.А. (США)	Открытие витамина К ₁ и установление его химической природы
1944	Гассер Г.С., Эрлангер Дж. (США)	Открытие функциональных различий между отдельными нервными волокнами
1945	Флеминг А., Флори Х.У., Чейн Э.Б. (Великобритания)	Открытие пенициллина и его терапевтического действия при инфекционных болезнях
1946	Мёллер (Маллер) Г.Дж. (США)	Экспериментальное получение мутаций под действием рентгеновских лучей
1947	Кори К.Ф., Кори Г.Т. (США)	Открытие путей ферментативного превращения гликогена в организме
	Усай Б.А. (Аргентина)	Открытие роли гормонов гипофиза в углеводном обмене
1948	Мюллер П. (Швейцария)	Синтез и исследования пестицидных свойств ДДТ
1949	Хесс (Гесс) В.Р. (Швейцария)	Исследование функциональной организации промежуточного мозга
	Моинш А.К. (Португалия)	Разработка хирургических методов лечения некоторых психических заболеваний
1950	Кендалл Э., Хенч Ф. (США), Рейхштейн (Швейцария)	Исследование строения, биологического и терапевтического действия гормонов коры надпочечников
1951	Тейлер М. (ЮАР)	Открытие возбудителя желтой лихорадки и создание вакцин против нее
1952	Ваксман З. (США)	Открытие стрептомицина
1953	Кребс Х.А. (Великобритания)	Открытие цикла трикарбоновых кислот (цикл Кребса)
	Липман Ф.А. (США)	Открытие кофермента А и его роли в обмене веществ
1954	Роббинс Ф.Ч., Узлер Т.Х., Эндерс Дж. (США)	Открытие метода культивирования вируса полиомиелита в культуре ткани
1955	Теорелль А.Х.Т. (Швеция)	Изучение природы и механизма действия окислительных ферментов
1956	Куриан А.Ф., Ричардс Д. (США), Форсман В. (Германия)	Открытие метода катетеризации сердца
1957	Бове Д. (Италия)	Синтез и выяснение механизма действия фармакологических препаратов нервно-паралитического действия
1958	Билл Дж.У., Тейтэм Э. (США)	Открытие регуляции генами биохимических реакций
	Ледерберг Дж. (США)	Работы в области генетики бактерий и открытие генетической рекомбинации
1959	Очоа С., Кориберг А. (США)	Открытие механизмов биосинтеза нуклеиновых кислот
1960	Бёрнет Ф.М. (Австралия), Медавар П.Б. (Великобритания)	Открытие явления приобретенной иммунологической толерантности

1961	Бекеш Л. (США)	Исследование функций внутреннего уха
1962	Крик Ф.Х.К., Умкинс М. (Великобритания), Уотсон Дж.Д. (США)	Установление структуры молекулы ДНК и ее роли в передаче наследственной информации
1963	Хаксли А.Ф., Ходжкин А.Л. (Великобритания), Эклс Дж.К. (Австралия)	Исследования ионных механизмов передачи возбуждения и торможения нервными клетками
1964	Блох К.Э. (США), Линен Ф. (Германия)	Открытие в области обмена холестерина и жирных кислот
1965	Жакоб Ф., Львов А.М., Моно Ж.Л. (Франция)	Исследования генетического контроля синтеза ферментов и вирусов
1966	Роус Ф.П. (США)	Открытие онкогенных вирусов
	Хаттингс Ч.Б. (США)	Разработка гормональных методов лечения рака предстательной железы
1967	Гранит Р. (Швеция), Уолд Дж., Хартлайн Х. (США)	Исследования физиологических и химических механизмов зрения
1968	Корана Х.Г., Ниренберг М.У., Холли Р.У. (США)	Расшифровка генетического кода и его роли в биосинтезе белков
1969	Дельбрюк М., Лурия С.Э., Херши А.Д. (США)	Исследования в области размножения вирусов и генетики вирусов и бактерий
1970	Аксельрод Дж. (США), Кац Б. (Великобритания), Эйлер (Эйлер-Хельпин) У. фон (Швеция)	Открытие и исследование медиаторов – химических веществ, участвующих в передаче и блокировании нервного импульса
1971	Сазерленд Э.У. (США)	Исследование механизмов действия гормонов
1972	Портер Р.Р. (Великобритания), Эдельман Дж.М. (США)	Установление химической структуры антител
1973	Лоренц К., Фриш К. фон (Австрия), Тимберген Н. (Великобритания)	Исследования в области индивидуального и социального поведения животных
1974	Де Дюв К.Р., Клод А., Паладе Дж.Э. (США)	Исследование структурной и функциональной организации клетки
1975	Балтимор Д., Дульбекко Р., Темин Х.М. (США)	Работы по генетике онкогенных вирусов и открытие фермента обратной транскриптазы
1976	Бламберг Б., Гайдусек Д.К. (США)	Открытие в области эпидемиологии и профилактики инфекционных заболеваний (сывороточный гепатит, медленные вирусные инфекции)
1977	Гиймен (Гиллемен) Р., Шалли Э.В. (США)	Открытия, связанные с секретной пептидных гормонов мозга
	Ялоу Р.С. (США)	Разработка радиоиммунологических методов определения пептидных гормонов
1978	Арбер В. (Швейцария), Натанс Д., Смит Х. (США)	Открытие рестриктаз и их применение в молекулярной генетике
1979	Кормак А.М. (США), Хаусфилд Г.Н. (Великобритания)	Разработка метода компьютерной рентгеновской томографии
1980	Бенасерраф Б., Сиселл Дж.Д. (США), Доссе Ж. (Франция)	Открытие генетически контролируемых структур на поверхности клеток, регулирующих иммунологические реакции организма
1981	Визел (Висель) Т.Н. (Швеция), Хьюбел Д.Х. (США)	Вклад в развитие нейрофизиологии зрения
	Сперри Р.У. (США)	Открытия в области функциональной специализации полушарий головного мозга
1982	Бергстрём С., Самуэльсон Б. (Швеция), Вейн Дж.Р. (Великобритания)	Открытия в области простагландинов и родственных им биологически активных веществ
1983	Мак-Клинток Б. (США)	Открытие мобильных генетических элементов
1984	Ерне Н.К. (Великобритания)	Разработка клонально-селекционной теории иммунитета
	Кёлер Г. (Германия), Милыштейн С. (Аргентина)	Разработка методов получения моноклональных антител с помощью гибридом
1985	Браун М.С., Голдстейн Дж.Л. (США)	Раскрытие механизма регуляции холестеринового обмена в организме
1986	Козэн С. (США), Леви-Монтальчини Р. (Италия)	Открытие и исследование факторов роста клеток и органов
1987	Тонегава С. (Япония)	Установление структуры генов, кодирующих антитела и рецепторы Т-лимфоцитов
1988	Блэк Дж.У. (Великобритания), Хитчингс Дж.Х., Элайон Г.Б. (США)	Создание и применение новых противоопухолевых и противовирусных препаратов
1989	Бишоп Дж.М., Вармус Х. (США)	Исследование клеточных механизмов онкогенеза
1990	Марри (Муррей) Дж.Э., Томас Э.Д. (США)	Открытия в области трансплантации органов и разработки методов предотвращения реакций отторжения
1991	Закман Б., Нейер (Неэр) Э. (Германия)	Исследование функций ионных каналов в клеточной мембране
1992	Фишер Э., Кребс Э. (США)	Открытие роли фосфорилирования белков как регулирующего механизма клеточного метаболизма
1993	Робертс Р., Шарп Ф. (США)	Открытие прерывистой структуры гена
1994	Гилман А., Родбелл М. (США)	Открытие белков-посредников (G-белков), участвующих в передаче сигналов между клетками и внутри клеток, и выяснение их роли в молекулярных механизмах возникновения ряда инфекционных болезней (холера, коклюш и др.)
1995	Вишаус Э.Ф., Льюис Э.Б. (США), Нюслайн-Фольхард Х. (Германия)	Исследование генетической регуляции раннего эмбрионального развития
1996	Дохерти (Дозерти) П. (Австралия), Цинкернагель Р. (Швейцария)	Исследование механизма распознавания иммунной системой чужеродных клеток
1997	Прузинер С. (США)	Открытие прионов – новых возбудителей инфекционных заболеваний

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ И ОШИБКИ В 1–4-м ТОМАХ ХИМИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

Страница	Столбец	Строка	Напечатано	Следует читать
В 1-м томе				
86	147	12 сверху	(отсутствует подпись автора)	<i>В. И. Виноградова</i>
155	286	5 сверху	с NH ₄	с NH ₃
162	300	5 абзац, 4 строка снизу	рокси-5-андрост-17-он	рокси-5-андростен-17-он
165	306	4 снизу	(NH ₄) ₂ SO ₃	(NH ₄) ₂ S
179	334	Табл., 17 строка сверху	1,4-феиленди мин	1,4-феилендиамин
181	338	Ф-ла I	(CH ₂) ₅	(CH ₂) ₆
238	452	12 сверху	класса Галобактериум	вида Галобактериум
238	452	34 сверху	в галографин	в голографин
269	514	3 абзац, 1 строка	Триметиллитовый	Тримелитовый
272	519	2 абзац, 3–4 строки сверху	квертиции	кверцетин
292	559	15 снизу	Осиовы химии	Основы биохимии
293	561	1 снизу	<i>В. Н. Скулачев</i>	<i>В. П. Скулачев</i>
315	606	36 сверху	открыта ... в 1981	открыта ... в 1891
400	775	30 сверху	ат. м. 1,0794	ат. м. 1,00794
414	Табл. 1	3–4 сверху	хлорирование	хлорированное
450	876	3 сверху	в 1880 Ж. Мариньяком	в 1886 П. Лекоком де Буабодраном
491	958	4 снизу	гидрокс(тозилокс)нодаренов	гидрокс(тозилокс)нодаренов
532	1039	25 снизу	произ-во ... 65 кг	произ-во ... 110 т
548	1071	2 абзац, 7 строка снизу	1,2,6-гексатринитрил	1,2,6-гексантринитрил
583	1141	10 снизу	этандиал	этаидиаль
593	1162	8 сверху	к гомологическим	к гомолитическим
594	1163	12 сверху	пропилен C ₃ H ₆	пропилен C ₃ H ₆
Во 2-м томе				
21	34	Предпоследний абзац, 1 строка снизу	энниаитины	энниатины
63	117	18 сверху	CH ₃ CONHN × (CH ₃) ₂	CH ₃ CONHN(CH ₃) ₂
71	133	1 снизу	пироксид	пероксид
91	174	6 сверху	C ₆ H ₅ N=NC(S)NHNHC ₆ H ₅	C ₆ H ₅ N=NC(S)NHNHC ₆ H ₅
206	403	4 абзац, 3 строка снизу	1,2-азетидин-2,4-дионы	1,3-азетидин-2,4-дионы
224	439	9–10 снизу	«дифаццион»	«дифацннон»
227	445	1 снизу	И. Рихтером	Т. И. Рихтером
248	487	6–7 сверху	дедецилсульфата	додецилсульфата
281	553	11 снизу	1917	1817
311	613	32 сверху	А. Ю. Давыдова	А. Ю. Давидова
497	985	32 снизу	1,4,7,10,13-тетра	1,4,7,10-тетра
503	998	33 снизу	CuSO ₄ · 7H ₂ O	CuSO ₄ · 5H ₂ O
509	1010	36–37 сверху	Ж. Л. Гей-Люссаком и Л. Ж. Тенаром в 1811	Й. Берцелиусом в 1823
665	1322	3 сверху	ритордин	ритодрин
В 3-м томе				
9	10	4 абзац, 4–5 строки сверху	1-арил-2,3-бутадиены	1-арил-1,3-бутадиены
138	267	15 сверху	D-галакто-нонановой	D-галакто-нонановой
162	315	4 абзац, над стрелкой	C ₆ H ₅ HgCl ₂	C ₆ H ₅ HgCl
245	482	16 снизу	никонель (15% Cu, никонель (15% Cr,	
253	498	31 сверху	1,2-циклогександрондиоксим	1,2-циклогександиондиоксим
266	524	8 сверху	K ₂ Cr ₂ O ₇	K ₂ Cr ₂ O ₇
280	552	8 снизу	гексаметапол	гексаметапол

Страница	Столбец	Строка	Напечатано	Следует читать
291	574	7 снизу	Субстративная	Субтрактивная
491	973	25 сверху	термохроны	термохромы
529	1049	Последний абзац, 3-4 строки сверху	метолкетонов	метилкетонов
549	1089	14 сверху	нитрилотриметилфосфовая	нитрилотриметилфосфоная
550	1091	22 снизу	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OPCl} \xrightarrow{t} \text{C}_2\text{H}_5\text{SPCl}_2$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OPCl}_2 \xrightarrow{t} \text{C}_2\text{H}_5\text{SPCl}_2$
567	1125	3 снизу	изовиалонтрона	изовиолантрона
611	1213	8 снизу	тетраминов	тетрааминов

В 4-м томе

47	86	3 снизу	фенолтетрахлорэтана	фенол : тетрачлорэтан
143	277	1 сверху	N-имида-золь -	N-имидазоль-
317	625	Табл., 3 строка снизу	тиатракарбоцианин	тиатетракарбоцианин
452	895	3 абз. 2 строка снизу	N-гидроксиметилсукцинимид	N-гидроксиметилсукцинимид
474	939	4 снизу	в тетраметилсульфоне	в тетраметилсульфоне
474	940	15 сверху	2O_2^+	2O_2^+
625	1242	15 сверху	гликоген(крахмал)синтазу	гликоген(крахмал)синтазу